

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. November 2002 (21.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/093257 A2

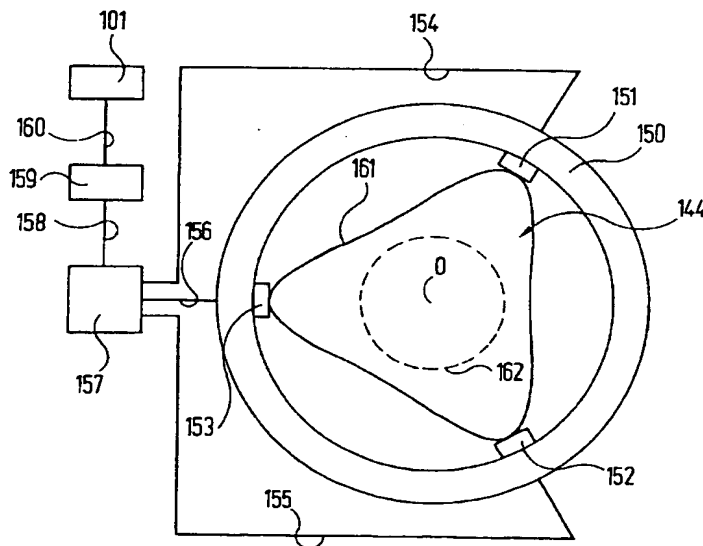
(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G03F**
(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/04900**
(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Mai 2002 (04.05.2002)
(25) Einreichungssprache: **Deutsch**
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
(30) Angaben zur Priorität:
101 23 725.1 15. Mai 2001 (15.05.2001) **DE**
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ZEISS, Carl** [DE/DE]; 89518 Heidenheim

(DE). **CARL ZEISS SEMICONDUCTOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse, 73447 Oberkochen (DE).
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRUNOTTE, Martin** [DE/DE]; Egerlandstrasse 32, 73431 Aalen (DE). **HARTMAIER, Jürgen** [DE/DE]; Zillerrieser Strasse 18, 73632 Aalen (DE). **HOLDERER, Hubert** [DE/DE]; Gräfinstrasse 6, 89551 Königsbronn (DE). **KAISER, Winfried** [DE/DE]; Fahrbachstrasse 150, 73431 Aalen (DE). **KOHL, Alexander** [DE/DE]; Zeppelinstrasse 1, 73430 Aalen (DE). **KUGLER, Jens** [DE/DE]; Götzenbachstrasse 1, 73540 Heubach (DE). **MAUL, Manfred** [DE/DE]; Elchweg 29, 73434 Aalen (DE). **WAGNER, Christian** [DE/NL]; Steenstraat 131, NL-5521 KS Eersel (NL).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION ILLUMINATION SYSTEM, OPTICAL SYSTEM, METHOD FOR THE PRODUCTION OF A MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION LENS SYSTEM AND MICROLITHOGRAPHIC STRUCTURING METHOD

(54) Bezeichnung: PROJEKTIONSBELECHTUNGSANLAGE DER MIKROLITHOGRAPHIE, OPTISCHES SYSTEM, HERSTELLVERFAHREN EINES MIKROLITHOGRAPHIE-PROJEKTIONSOBJECTIVS UND MIKROLITHOGRAPHISCHES STRUKTURIERVERFAHREN



(57) Abstract: The invention relates to a projection illumination system, especially one with 157 or 193 nm and an image-side NA of 0.8-0.95, comprising fluoride crystal lenses (43, 43), wherein the negative effect of the angle-dependent birefringence thereof is reduced by relative rotation around the optical axis (O) and/or by a correction element (44) close to a plane of the pupil (P).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/093257 A2



(74) **Anwälte:** OSTERTAG, Ulrich usw.; Eibenweg 10, 70597 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, KR, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einer Projektionsbelichtungsanlage besonders mit 157 oder 193 nm und bildseitigen NA von 0,8 bis 0,95, mit Fluorid-Kristallinsen (43, 43) wird deren winkelabhängige Doppelbrechung durch Relativdrehung um die optische Achse (O) und/oder durch ein Korrekturlement (44) nahe einer Pupillenebene (P) in ihrem störenden Effekt vermindert.

Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie,
optisches System, Herstellverfahren eines
Mikrolithographie-Projektionsobjektivs und
mikrolithographisches Strukturierverfahren

05 =====

Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage
der Mikrolithographie nach dem Oberbegriff der Ansprüche
1 und 41, ein optisches System, insbesondere ein mikro-
10 lithographisches Projektionsobjektiv, nach dem Oberbegriff
der Ansprüche 9 und 12, ein Herstellverfahren eines Mikro-
lithographie-Projektionsobjektivs nach dem Oberbegriff
des Anspruch 42 sowie ein mikrolithographisches Strukturier-
verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 44.

15 Die Patentanmeldung PCT/EP00/13184 zeigt für derartige
vom Markt her bekannte Projektionsbelichtungsanlagen
geeignete rein refraktive und katadioptrische Projektions-
objektive mit numerischen Aperturen von 0,8 und 0,9 bei
20 einer Betriebswellenlänge bei 157nm.

Aus der DE 198 07 120 A (US Ser. No. 09/252 636) ist
der Einsatz von lokal in der Dicke variierenden doppel-
brechenden Elementen zum Ausgleich von über ein Lichtbün-
25 del variierenden Polarisierungseffekten bekannt.

Die US 6 201 634 B beschreibt, daß für diesen Einsatz
geeignete technische Fluoridkristalle Spannungsdoppel-
brechung aufweisen, die bezogen auf die Kristallachsen
30 Richtungsabhängigkeit zeigt.

Aus der Internet-Publikation "Preliminary Determination
of an Intrinsic Birefringence in CaF_2 " von John H. Burnett,
Eric L. Shirley und Zachary H. Lewin, NIST Gaithersburg MD
35 20899 USA (verbreitet am 07.05.01) ist bekannt, daß

Kalziumfluorid-Einkristalle außer spannungsinduzierter auch intrinsische Doppelbrechung aufweisen.

Alle zitierten Schriften sollen in vollem Umfang auch
05 Teil der Offenbarung dieser Anmeldung sein.

Erheblich sind diese Doppelbrechungseffekte erst bei den niedrigen Wellenlängen unterhalb etwa 200 nm, also insbesondere bei 193 nm und verstärkt bei 157 nm, den
10 für die hochauflösende Mikrolithographie bevorzugten Wellenlängen.

Da diese Doppelbrechung von der Lichtstrahlrichtung bezogen auf die Kristallachsen abhängig ist, ergibt
15 sich eine Variation als Funktion sowohl des Öffnungswinkels wie auch des Drehwinkels (Azimutwinkels) um die optische Achse.

Für ein optisches Element, insbesondere eine Linse (das
20 jedoch auch als Planplatte, z. B. Abschlußplatte, Filter, ausgebildet sein kann), das rotationssymmetrisch um die (111) Kristallachse orientiert ist, ist die Doppelbrechung bei senkrechtem Durchtritt eines Lichtstrahls minimal. Unter einem Öffnungswinkel von ca. 35° und unter drei
25 gegeneinander um 120° verdrehten Drehwinkeln (Azimutwinkeln) ist die Einfallsrichtung jedoch äquivalent der (110) Orientierung des Kristalls, und es tritt maximale Doppelbrechung auf.

30 Bei einer Anordnung rotationssymmetrisch zu einer der (100), (010) oder (001) Achsen liegen unter einem Öffnungswinkel von 45° in jetzt vierzähliger Rotationssymmetrie wieder die (110) äquivalenten Achsen mit maximaler Doppelbrechung.

35

- 3 -

Nun ist bei einem Element aus CaF_2 , aus dem ein 157 nm Lichtstrahl mit der numerischen Apertur 0,8 austritt, der Öffnungswinkel im Durchtritt mit dem Brechungsindex von ca. 1,56 gleich 31 Grad; für $\text{NA} = 0,9$ ergibt sich ein Winkel von etwa 35 Grad. Die richtungsabhängige Doppelbrechung ist also bei so hoch geöffneten Systemen ein Problem.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Kompensation dieser Störung durch richtungsabhängige Doppelbrechung anzugeben, mit der auch höchstaperturige Projektionsobjektive optimal betrieben werden können.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Projektionsbelichtungsanlage nach den Ansprüchen 1 und 41, durch ein optisches System nach Anspruch 9 oder 12 sowie durch ein Herstellungsverfahren nach Anspruch 42 und ein mikrolithographisches Strukturierverfahren nach Anspruch 44.

Die Erfindung geht aus von der Erkenntnis, daß zum einen die Störung durch die Doppelbrechung bei dem Wert von ca. 6 nm pro cm bei einem in Frage kommenden Lichtweg von rund 10 cm in Linsen bei den hohen Winkeln überwiegend eine Phasenverschiebung von bis zu etwa $\lambda/4$ für zwei zueinander senkrecht polarisierte Strahlen darstellt, daß weiter die hohen Strahlwinkel in bildnahen (feldnahen) Elementen auftreten, deren Strahl-Winkel-Verteilungen in einer dazu fouriertransformierten Pupillenebene als Orts-Verteilungen vorliegen.

Damit kann überraschend die Störung durch ein ortsabhängig polarisationsdrehendes bzw. ortsabhängig unterschiedlich doppelbrechendes optisches Element (Korrektur-element) nahe einer Pupillenebene korrigiert werden. Solche Elemente und ihre Herstellung durch lokales Polieren, insbesondere

durch Ionenstrahlpolieren, sind wie oben angegeben aber bekannt und auch in diesem neuen Zusammenhang verfügbar.

Die Lage "nahe" einer Pupillenebene, vorzugsweise der
05 Systemaperturbene, ist eine praktische Annäherung an
die Lage, bei der hinreichend gut die örtliche Vertei-
lung von Polarisierung und Phase am Korrekturlement
in ihre Winkelverteilung am winkelabhängig doppelbre-
chenden Element transformiert wird. Dies ist insbeson-
10 dere mit dem optischen Design des Projektionsobjektivs
abzustimmen.

Neben diesem Ansatz der Ansprüche 1 und 9 ist es auch
allein oder in Kombination damit (Ansprüche 13, 41)
15 möglich, die Doppelbrechungseffekte mehrerer derartiger
Elemente dadurch zu mindern, daß sie nach Anspruch 12
verdrehen gegeneinander eingebaut werden.

Zwar ist es gängige Praxis, bei der Montage und Justage
20 optischer Systeme exemplarspezifische Störungen gefass-
ter Elemente durch Verdrehen gegeneinander zu kompensie-
ren. Hier wird aber die durch die winkelabhängige Doppel-
brechung aufgehobene Rotationssymmetrie durch eine vom
optischen Design vorzugebende Relativdrehung berücksichtigt
25 und die Störung vermindert.

Im Beispiel zweier gleich dicker, unter gleichen Winkeln
durchlaufener Kalziumfluorid-Elemente in (111)-Orientierung
wird man beide um 60° gegeneinander verdrehen, so daß
30 gerade Maxima und Minima der jeweiligen Doppelbrechung
überlagert werden, was den Effekt etwa halbiert. Eine
zugehörige Korrekturplatte weist dann sechszählige Rota-
tionssymmetrie auf.

35 Da sowohl die Störung als auch die erforderliche Form-

veränderung am Korrekturelement gering sind, ist es möglich, bei der Herstellung eines Projektionsobjektivs dieses zunächst vollständig aufzubauen und zu justieren und es dann gemäß Anspruch 41 zu vermessen und nachzubearbeiten. Intrinsische und exemplarspezifische Spannungsdoppelbrechungen können dann zugleich kompensiert werden.

Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

10

Die Ausführungsform nach Anspruch 8 sieht dabei im Projektionsobjektiv eine Umwandlung von radialer zu tangentialer Polarisierung mit einem optisch aktiven Element vor.

15 Neben der Bereitstellung einer geeigneten örtlichen Dickenverteilung kann eine gewünschte Kompensationswirkung des Korrekturelements auch durch eine Einbringung z. B. von Zug- oder Druckspannungen mittels einer Krafteinleitungseinrichtung gemäß Anspruch 14 und eine dadurch
20 gezielt hervorgerufene Spannungsdoppelbrechung erzeugt werden.

Der Einsatz mindestens eines Piezo-Aktuators gemäß Anspruch 15 führt zur Möglichkeit der präzisen Vorgabe
25 einer Amplitude für die Krafteinleitung. Alternativ zu Piezo-Aktuatoren können auch andere aktive Aktuatoren, z. B. pneumatische Aktuatoren, oder auch passive Manipulatoren, z. B. Einstellschrauben oder vorgespannte Federn, eingesetzt werden.

30

Bei einer Krafteinleitung über die Umfangsfläche des Korrekturelements gemäß Anspruch 16 kann die gesamte freie Apertur des Korrekturelements erhalten bleiben. Beim Einleiten mechanischer Kräfte in das Korrektur-
35 element ist es günstig, die Kräfte entlang einer neutralen

Faser bzw. einer neutralen Fläche des Korrekturlements einzuleiten, damit keine unerwünschte Deformationen des Korrekturlements induziert werden. In erster Näherung wird eine derartige Krafteinleitung dann erreicht, wenn
05 darauf geachtet wird, keine Durchbiegung des optischen Elements hervorzurufen.

Mit Hilfe einer Krafteinleitungseinrichtung gem. Anspruch 17 läßt sich eine definierte Krafteinleitung in Richtung
10 der neutralen Fläche des optischen Elements vorgeben.

Ein beweglicher Anlagekörper gem. Anspruch 18 gewährleistet eine nachträgliche Feinanpassung der Krafteinleitung.

15 Eine Feder gemäß Anspruch 19 verhindert ein Verkanten des Anlagekörpers bezüglich des Korrekturlements.

Ein alternativ oder zusätzlich vorsehbares Gelenk gem. Anspruch 20 verhindert ein Verkanten des Anlagekörpers
20 bezüglich des Korrekturlements, indem eine definierte Beweglichkeit des Anlagekörpers relativ zum Korrekturlement geschaffen wird.

Ein Festkörpergelenk gemäß Anspruch 21 ist verschleißfrei
25 und bauklein herstellbar.

Mit Hilfe eines Anlagekörpers gem. Anspruch 22 läßt sich eine definierte Kraftverteilung in das Korrekturlement einleiten. Hierbei läßt sich durch die Ausdehnung
30 bzw. den Versatz der Krafteinleitungsorte ein erster Freiheitsgrad für diese Verteilung vorgeben, wobei sich über die absolut einzuleitende Anlagekraft ein zweiter Freiheitsgrad einstellen läßt.

35 Mit einem Anlagekörper gem. Anspruch 23 läßt sich eine

progressiv in Umfangsrichtung veränderliche Verteilung der Krafteinleitung realisieren.

Dies ist ebenso durch eine alternative oder zusätzliche
05 Ausführung des Anlagekörpers gem. Anspruch 24 möglich.

Die Ausbildung einer Krafteinleitungskomponente gem. Anspruch 25 bietet eine einfach zu realisierende Möglichkeit einer Krafteinleitung längs der neutralen Fläche
10 des Korrekturlements, da die über die beiden Krafteinleitungsorte einleitbaren Kräfte entsprechend aufeinander abgestimmt werden können.

Eine Anordnung der Krafteinleitungskörper gem. Anspruch
15 26 bietet die Möglichkeit der Feinanpassung der Kraftverteilung zwischen den beiden Krafteinleitungskörpern zur Erzeugung einer Gesamtkraft längs der neutralen Fläche des Korrekturlements.

20 Die Anordnung der Krafteinleitungskörper gem. Anspruch 27 ist einfach. Die Anpassung der Krafteinleitung zur Erzeugung einer Gesamtkraft längs der neutralen Fläche des Korrekturlements erfolgt hierbei durch die geometrische Auslegung der Hebelarme.

25 Die alternative Zuordnung der Aktuatoren gem. Anspruch 28 ermöglicht eine präzise Krafteinleitung.

Der Einsatz eines Aktuators gem. Anspruch 29 ermöglicht
30 eine in Richtung der optischen Achse des optischen Systems flach bauende Ausführung einer Krafteinleitungseinrichtung.

Mit Hilfe eines Krafteinleitungskörpers gem. Anspruch
35 30 läßt sich die Krafteinleitung über die Anordnung und

Auslegung der Krafteinleitungskomponente gezielt zur Erzeugung einer Gesamtkraft in Richtung der neutralen Fläche des Korrekturlements steuern.

- 05 Dies kann mittels eines Aktuators gem. Anspruch 31 besonders einfach erfolgen.

- Ein Ring gem. Anspruch 32 ist ein besonders einfacher Gegenstützkörper für eine Krafteinleitungseinrichtung, die dann zudem als vom Korrekturlement selbst getragene Komponente ausgeführt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann ein Stützring, der das Korrekturlement umgibt, eingesetzt sein, an dem sich der auf das Korrekturlement wirkende Aktuator, der selbst nicht ringförmig ausgebildet sein muß, abstützt. Die Verwendung derartiger Ringe ermöglicht zudem eine Krafteinleitungseinrichtung, bei der keine Lateralverschiebung des Korrekturlements bei der Krafteinleitung auftreten kann.
- 20 Aufgrund der bei statischer Krafteinleitung erforderlichen hohen statischen Kräfte ist eine Beschädigung des Korrekturlements nicht immer auszuschließen. Außerdem kann sich der Spannungszustand des Korrekturlements bei einer länger andauernden Krafteinleitung über die Zeit aufgrund z.B. von Drifteffekten ändern. Diese Einschränkungen werden überwunden, wenn ein Korrekturlement gemäß dem Anspruch 33 eingesetzt wird. Bei dynamischer Krafteinleitung läßt sich kurzzeitig eine wesentlich höhere Spannungsdoppelbrechung ohne Zerstörungsgefahr erzeugen, als dies bei einer statischen Krafteinleitung der Fall ist. Zudem läßt sich über die Amplitude der dynamischen Krafteinleitung der Wert der einzustellenden Korrekturwirkung ggf. feinfühlig nachstellen, wobei dies auch bei fertigem Projektionsobjektiv von außen erfolgen kann.

Mittels einer Krafteinleitungseinrichtung gemäß Anspruch 34 läßt sich eine mittlere Krafteinleitung erzielen, die derjenigen bei einer statischen Krafteinleitung vergleichbar ist.

05

Hierbei führt eine Krafteinleitungseinrichtung gemäß Anspruch 35 zu einer Maximierung der Korrekturwirkung bei gegebenem Krafteinsatz.

- 10 Eine Projektionsbelichtungsanlage gemäß Anspruch 36 mit auf die Emission des Projektionslichtbündels zeitlich abgestimmter Krafteinleitung führt dazu, daß die Kompensation immer genau dann erreicht wird, wenn die Projektionsoptik mit Projektionslicht durchleuchtet
- 15 wird. Gleichzeitig ist die Belastung des Korrektorelements reduziert.

Eine Steuereinrichtung gemäß Anspruch 37 gewährleistet hierbei eine einfache zeitliche Abstimmung.

20

- Beim Einsatz einer Krafteinleitungseinrichtung gem. Anspruch 38 wird über das Schallwellenprofil ein Brechungsindexprofil erzeugt, welches eine ähnliche räumliche Verteilung wie das Schallwellenprofil aufweist. Die
- 25 Schallwellenprofile lassen sich analog zu optischen Wellenfronten in Zernike-Funktionen zerlegen. Somit können beliebige Superpositionen orthogonaler Basis-Zernike-Funktionen als Brechungsindexprofile erzeugt werden. Mit einer Anzahl N Aktuatoren lassen sich z.B. Korrekturprofile mit einer Zähligkeit von $N/2$ erzeugen. Hierdurch
- 30 können prinzipiell alle bekannten Abbildungsfehler reduziert werden.

- Eine stehende Schallwelle gem. Anspruch 39 führt zu
- 35 einer statischen Abbildungsfehlerkorrektur.

- 10 -

Alternativ kann gem. Anspruch 40 eine dynamische Abbildungsfehlerkorrektur erfolgen. Hierdurch ist es z. B. möglich, bei einem intermittierenden Projektionslichtbündel
05 die Abbildungseigenschaften des Objektivs während der Projektion gezielt zu ändern, so daß zum Zeitpunkt der Beeinflussung des Lichtbündels durch das optische Element optimale Abbildungsbedingungen für die Projektion vorherrschen. Alternativ ist es möglich, durch die dynamische
10 Abbildungsfehlerkorrektur gemäß Anspruch 40 auf der Zeitskala der Lichtbeaufschlagung eine langsam, z.B. in der Größenordnung von 1/100 s, veränderbare Kraftverteilung im optischen Element zu erzeugen, um z.B. die Korrekturwirkung auf die eingesetzte Beleuchtungsverteilung oder
15 auf die gerade abgebildete Retikelstruktur zu optimieren.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen

- 20 Figur 1 schematisch eine erfindungsgemäße Projektionsbelichtungsanlage, teilweise im Meridionalschnitt;
- Figur 2 ein optisches Korrekturelement, das zu demjenigen alternativ ist, welches in die Projektionsbelichtungsanlage nach Figur 1 integriert ist;
25
- Figur 3 einen Meridionalschnitt einer Hälfte eines weiteren alternativen optischen Korrekturelements;
- 30 Figur 4 einen Detailausschnitt, der einen beweglichen Anlagekörper einer mit dem optischen Korrekturelement gem. Figur 3 zusammenwirkenden Krafteinleitungseinrichtung zeigt, der alternativ zum Anlagekörper gem. Figur 3 ist;

35

- Figur 5 eine zur Figur 3 ähnliche Darstellung eines optischen Korrekturlements mit einer alternativen Krafteinleitungseinrichtung;
- 05 Figur 6 eine Aufsicht auf die Ausführungsform gem. Figur 5;
- Figur 7 eine zu den Figuren 3 und 5 ähnliche Darstellung eines alternativen optischen Korrekturlements mit einer alternativen Krafteinleitungseinrichtung;
- 10
- Figur 8 eine Aufsicht auf die Ausführungsform gem. Figur 7; sowie
- 15
- Figuren 9 bis 12 Ausführungsvarianten von im Zusammenhang mit den oben dargestellten Krafteinleitungseinrichtungen verwendbaren Alternativen von Anlagekörpern.
- 20 Bezogen auf eine optische Achse O angeordnet, zeigt Figur 1 eine Lichtquelle 1, die vorzugsweise ein bei 157 nm oder 193 nm schmalbandig emittierender Laser ist. Deren Licht wird einem Beleuchtungssystem 2 zugeführt, das als Besonderheit Mittel 21 zur Erzeugung radialer Polarisierung enthalten kann, wie sie aus DE 195 35 392 A1 bekannt sind. Damit wird ein mikrolithographisches Retikel 3 beleuchtet, das mit einem Retikel-Halte- und Positioniersystem 31 verbunden ist. Das folgende Projektionsobjektiv 4 bildet das Retikel 3 auf das in
- 25
- 30 der Bildebene angeordnete Objekt 5 - typisch den Wafer - ab. Das Objekt 5 ist mit einem Objekt-Halte- und Positioniersystem 51 versehen.

Das Projektionsobjektiv 4 umfaßt eine Gruppe 41 mit

35 Linsen und bedarfsweise auch einem oder mehreren Spie-

geln, eine Pupillenebene bzw. Systemaperturebene P und zwischen dieser Ebene P und der Ebene des Objekts 5 Linsen 42, 43, deren Durchtrittswinkel α durch die bildseitige numerische Apertur NA des Projektionsobjekts geprägt ist.

Mindestens eine der Linsen 42, 43 besteht aus einem Material mit winkelabhängiger Doppelbrechung, beispielsweise Kalziumfluorid, dessen (111) Orientierung mit der optischen Achse O zusammenfällt oder bis zu ca. 5° abweicht.

Sind beide gezeigten Linsen 42, 43 (natürlich sind in diesem Bereich überwiegend noch mehr Linsen erforderlich) derartig, so werden sie vorzugsweise um den Azimutwinkel, also um die optische Achse O verdreht gegeneinander eingebaut.

Für jeden Lichtstrahl ist ein an einer der feldnahen Linsen 42, 43 auftretender Öffnungswinkel in der Nähe der Pupillenebene P zu einem Abstand von der optischen Achse O transformiert. Das dort erfindungsgemäß angeordnete Korrekturelement 44 aus doppelbrechendem, spannungsdoppelbrechendem oder optisch aktivem Material kann deshalb mit einer vom Abstand zur optischen Achse O und mit dem Azimutwinkel variierenden Dicke und damit ortsabhängiger Polarisationsdrehung bzw. ortsabhängiger unterschiedlicher doppelbrechender Wirkung die winkelabhängige Doppelbrechung der Linsen 42, 43 kompensieren.

Die Mittel 21 und das Korrekturelement 44 können radiale Polarisierung am Objekt 5 erzeugen, wobei im Sinne der Erfindung das Korrekturelement 44 zugleich die winkelabhängige Doppelbrechung kompensiert.

35

Hat das Projektionsobjektiv 4 weitere Pupillenebenen, was z.B. bei Ausführungen mit Zwischenbild der Fall ist, so kann ein Korrekturalelement auch dort angeordnet sein.

05

Sind die refraktiven Wirkungen des Dickenverlaufs des Korrekturalelements 44 störend, so kann mit aus der DE 198 07 120 A bekannten Kompensationsplatten aus nicht oder wenig doppelbrechendem Material ausgeglichen werden. Dazu können auch Linsenoberflächen z.B. durch Ionenstrahlätzen nachgeformt werden.

Der beschriebene Effekt der winkelabhängigen Doppelbrechung der Fluorid-Kristalle kann im optischen Design hochaperturiger Projektionsobjektive berücksichtigt werden. Dazu muß die Variation über den Azimutwinkel berücksichtigt werden. Das Korrekturalelement 44 kann dann vom Design in seiner Form bzw Wirkung. vorgegeben werden.

20

Alternativ oder ergänzend kann aber auch die Störung der Abbildung durch die winkelabhängige Doppelbrechung gemessen und in eine Nachbearbeitung des bereitgestellten Korrekturalelements 44 umgesetzt werden. Damit kann zugleich eine exemplarspezifische Doppelbrechungsverteilung korrigiert werden.

Weitere Varianten optischer Korrekturalemente sind in den Figuren 2 bis 12 gezeigt. Komponenten, die denjenigen entsprechen, die schon unter Bezugnahme auf Figur 1 beschrieben wurden, tragen bei diesen weiteren Varianten jeweils um Einhundert erhöhte Bezugszeichen und werden nicht nochmals im einzelnen erläutert.

Figur 2 zeigt vergrößert ein alternatives Korrekturale-

ment 144 in demontiertem, also nicht in ein Projektionsobjektiv integriertem Zustand in Aufsicht. Das Korrekturalelement 144 ist eine CaF_2 -Platte mit dreizähliger Symmetrie, besteht also aus einem Material mit spannungs-
05 doppelbrechenden Eigenschaften. Seine Umfangsfläche 161 hat im wesentlichen die Form eines gleichseitigen Dreiecks mit abgerundeten Ecken und leicht in Richtung auf den Dreiecksmittelpunkt (Durchstoßpunkt der optischen Achse O) hin eingewölbten Seitenflächen.

10 Das Korrekturalelement 144 ist in einer runden Fassung 150 montiert und steht über je einen Abschnitt an jeder der abgerundeten Ecken der Umfangsfläche 161 mit jeweils einem Piezo-Aktuator 151 bis 153 in Verbindung. Jeder
15 Piezo-Aktuator 151 bis 153 ist auf der vom Korrekturalelement 144 abgewandten Seite in die Fassung 150 eingelassen. Über Signalleitungen 154 bis 156, die durch entsprechende Bohrungen in der Fassung 150 nach außen geführt sind, stehen die Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 mit einer Piezo-Ansteuerereinheit 157 in Verbindung. Letztere steht
20 über eine Signalleitung 158 mit einer Synchronisationseinheit 159 in Verbindung, die wiederum über eine Signalleitung 160 mit der Lichtquelle 101 verbunden ist.

25 Beim Einsatz ist das Korrekturalelement 144 in das Projektionsobjektiv (vgl. Objektiv 4 in Fig. 1) integriert, wobei es in einem kreisförmigen Durchtrittsbereich 162, der in Figur 2 gestrichelt dargestellt ist, von Projektionslicht durchtreten werden kann. Das Korrekturalelement 144
30 funktioniert dann folgendermaßen:

Die Lichtquelle 101 ist ein Excimer-Laser, der durch einen Quasi-cw-Projektionslicht-Impulszug mit Einzelimpulsen kurzer Impulsdauer (ungefähr 10 ns) und einer
35 relativ geringen Repetitionsrate im Bereich von 10 kHz

charakterisiert ist.

Die Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 werden durch die Piezo-Ansteuereinheit 157 so angesteuert, daß das Korrekturalelement 144 in radiale Dichteschwingungen versetzt wird. Die Frequenz dieser Schwingungen wird mit Hilfe der Synchronisiereinheit 159 auf die Repetitionsrate der Lichtquelle 101 abgestimmt, so daß während des Laserimpulses ein Maximum der durch die Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 z.B. sinusförmig erzeugten Druckspannung im Korrekturalelement 144 erreicht wird. Während der kurzen Impulsdauer der Einzellichtimpulse, die nur ca. ein Zehntausendstel der Repetitionsperiode der Lichtquelle 101 und der Dauer der Krafteinleitung in das Korrekturalelement 144 beträgt, ist die in das Korrekturalelement eingeleitete momentane Kraft in guter Näherung konstant. Daher treten während der Impulsdauer der Einzellichtimpulse, unabhängig von der Phasenbeziehung zwischen dem Laserimpuls und der Krafteinleitung, keine nennenswerten Änderungen des Doppelbrechungszustandes des Korrekturalelements 144 auf.

Über die Amplitude der z.B. sinusförmigen Signalspannung auf den Signalleitungen 154 bis 156 kann die Spannungsdoppelbrechung mittels der Piezo-Ansteuereinheit 157 eingestellt werden. Alternativ ist auch eine Einstellung der Spannungsdoppelbrechung über die Phasenbeziehung zwischen dem Laserimpuls und der Krafteinleitung möglich. Diese Phasenbeziehung kann so geändert werden, daß der Laserimpuls nicht mehr während des Maximums der Druckspannung, sondern z.B. während eines wählbaren Abschnitts auf der steigenden oder fallenden Flanke der eingeleiteten Druckspannung durch das Korrekturalelement 144 tritt.

Die Geometrie des Korrekturalelements 144 ist derart an

die Geometrie der Kraftaneinleitung durch die Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 und an die Krafteinleitungsfrequenz angepaßt, daß eine Eigenschwingung des Korrektorelements 144 in Resonanz mit der Krafteinleitungsfrequenz ist. Dies gewährleistet eine maximale Kraftwirkung und damit eine maximale erzeugte Spannungsdoppelbrechung bei gegebenem Kraftaufwand. Bei dieser Ausführung entstehen zudem neben Druckspannungen auch Zugspannungen durch das resonante Schwingen des Festkörpers, wodurch die Vielfalt der möglichen Doppelbrechungsverteilungen wesentlich vergrößert wird.

Mit Hilfe der Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 (vgl. Fig. 2) kann, eine entsprechende Ansteuerfrequenz der Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 vorausgesetzt, eine stehende oder auch eine laufende Schallwelle im Korrektorelement 144 erzeugt werden. Zur Erzeugung einer stehenden Schallwelle wird die Ansteuerfrequenz für die Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 an die Geometrie und an das Material des Korrektorelements 144 entsprechend angepasst. Entsprechend der Anzahl der über die Umfangsfläche 161 auf das Korrektorelement 144 einwirkenden Piezo-Aktuatoren läßt sich eine entsprechende Zähligkeit der entstehenden Schallwelle erzeugen. Mit n Piezo-Aktuatoren läßt sich hierbei eine stehende Schallwelle mit bis zu $n/2$ -zähliger Symmetrie erzeugen. Zudem lassen sich Überlagerungen von Schallwellen mit verschiedener Zähligkeit erzeugen. Dies führt zu einem über das Schallwellenprofil gesteuert vorgebbaren Brechungsindexprofil im Korrektorelement 144.

Durch die Überlagerung von Schallwellenprofilen verschiedener Zähligkeiten läßt sich als Superposition eine entsprechende Überlagerung von Brechungsindexprofilen einstellen, die zur unabhängigen Korrektur einer Mehrzahl von Abbildungsfehlern einsetzbar ist, da z. B. über die

verschiedenen Brechungsindexbeiträge von Schallwellenprofilen unterschiedlicher Zähligkeit die Abbildungseigenschaften beschreibende Koeffizienten von Zernike-Funktionen in vorgegebener Weise beeinflusst werden.

05

Für gegenwärtig eingesetzte Korrektur-element-Materialien und typische Korrektur-element-Geometrien ergeben sich einzusetzende Ansteuerfrequenzen für die Piezo-Aktuatoren 151 bis 153 im Ultraschallbereich.

10

Mit der erzeugten Spannungsdoppelbrechungsverteilung, die über die Geometrie des Korrektur-elements 144, über die Geometrie der Ankopplung der Piezo-Aktuatoren 151 bis 153, über die Amplitude und Frequenz der Krafteinleitung sowie ggf. über Komponenten, welche Schwingungsknoten im Korrektur-element 144 erzwingen, angepaßt werden kann, wird das das Korrektur-element 144 durchtretende Projektionslichtbündel so beeinflusst, daß die sonstigen Doppelbrechungseffekte in der Projektionsoptik kompensiert werden, wie im Zusammenhang mit Fig. 1 erläutert.

20

Alternativ zu Piezo-Aktuatoren können auch andere Druck- oder Zugmittel zur Krafteinleitung eingesetzt werden.

25 Figur 3 zeigt in einem Meridionalschnitt eine weitere Variante eines optischen Korrektur-elements mit einer Krafteinleitungseinrichtung, die zu derjenigen, die im Zusammenhang mit der Figur 2 beschrieben wurde, alternativ ist.

30

Bei der Ausführung gemäß Figur 3 ist das optische Korrektur-element 244 eine symmetrisch bikonkave Linse aus CaF_2 , auf die eine insgesamt mit 270 bezeichnete Krafteinleitungseinrichtung randseitig einwirkt. Das optische Korrektur-element 244 und die Krafteinleitungseinrichtung 270

35

sind um eine in Figur 3 strichpunktiert gezeigte optische Achse 271 mehrzählig rotationssymmetrisch, so daß sich die Darstellung der Figur 3 auf die von der optischen Achse 271 aus gesehen rechte Hälfte beschränkt.

05

Randseitig ist das Korrekturalelement 244 oben und unten abgefast, so daß die Umfangsfläche 272 des Korrekturalelements 244 über jeweils eine ringförmige Fasenfläche 273, 274 in die konvexen optischen Flächen des Korrekturalelements 244 übergeht. Da die Fasenflächen 273, 274 nicht Teil der optischen Flächen des Korrekturalelements 244 sind, können sie als Teil der gesamten Umfangsfläche von diesem angesehen werden.

10

Die in Figur 3 untere Fasenfläche 274 liegt über eine Anlagespitze 275 eines Anlagekörpers 276 auf einem die Fassung des Korrekturalelements 244 bildenden Grundkörper 277 auf. Der Anlagekörper 276 und der Grundkörper 277 sind flächig miteinander verbunden, z. B. miteinander verklebt. Der Grundkörper 277 weist eine Mehrzahl randseitiger Bohrungen 278 auf, die parallel zur optischen Achse 271 durch den Grundkörper 277 ausgeführt sind und der Befestigung des Grundkörpers 277 an einem nicht dargestellten Halterahmen für das Korrekturalelement 244 dienen.

25

Am Grundkörper 277 ist eine Mehrzahl von Hebelkörpern 279 gelenkig angebracht. Es können z.B. drei um die Umfangsfläche 272 des Korrekturalelements 244 gleichverteilt angeordnete Hebelkörper 279 vorliegen. Die Anzahl der Hebelkörper 279 gibt die Zähligkeit der Rotationssymmetrie der Krafteinleitungseinrichtung 270 vor. Von den Hebelkörpern 279 ist in Figur 3 nur einer dargestellt. Die Hebelkörper 279 weisen alle den gleichen Aufbau auf, so daß es im folgenden genügt, den in Figur 3 dargestellten Hebelkörper

30

35

279 zu beschreiben. Dieser ist über ein Gelenk 280 am Grundkörper 277 angelenkt. Das Gelenk 280 weist wie die anderen Gelenke, die die anderen Hebelkörper 279 mit dem Grundkörper 277 verbinden, eine Gelenkachse auf, die parallel zu einer Tangente an den nächsten Punkt der Umfangsfläche 272 des Korrektorelements 244 verläuft. Die Gelenke (vgl. Gelenk 280) sind dabei in einer Höhe angeordnet, die der Lage der zur optischen Achse 271 senkrechten Mittelebene des Korrektorelements 244 entspricht.

Auf der von der Umfangsfläche 272 abgewandten Seite des Gelenks 280 weisen der Grundkörper 277 und der Hebelkörper 279 einander zugewandte stufenförmige Rücksprünge auf, so daß insgesamt eine dem Gelenk 280 benachbarte Aufnahmeausnehmung 281 entsteht. In diese ist ein Piezo-Aktuator 282 eingesetzt, der in zur optischen Achse 271 paralleler Richtung längenveränderlich ist. Durch eine in Figur 3 angedeutete Steuerleitung 283 ist der Piezo-Aktuator 282 mit einer Steuereinrichtung 284 verbunden.

Über einen Anlagekörper 285 und eine Anlagespitze 286 liegt der Hebelkörper 279 an der in Figur 3 oberen Fasenfläche 273 an, so daß der Hebelkörper 279 mit dem ihm zugeordneten Abschnitt des Grundkörpers 277 über die Anlagekörper 285, 276 nach Art einer Zange an den Fasenflächen 273, 274 des Korrektorelements 244 angreift.

Das an die Krafteinleitungseinrichtung 270 gekoppelte Korrektorelement 244 wird folgendermaßen eingesetzt:

Anhand des zu kompensierenden Abbildungsfehlers berechnet die Steuereinrichtung 284 eine Spannungsverteilung, die im Korrektorelement 244 einzustellen ist, damit durch die über diese Spannungsverteilung hervorgerufenen

Änderungen der optischen Eigenschaften des Korrekturlements 244 eine Kompensation des Abbildungsfehlers erreicht wird. Aus der berechneten Spannungsverteilung ermittelt die Steuereinrichtung 284 Auslenkwerte, die die Piezo-
05 Aktuatoren 282 der Krafteinleitungseinrichtung 270 auf die jeweiligen Hebelkörper 279 übertragen müssen, damit sich durch die sich hierdurch ergebende Zangenwirkung zwischen dem Grundkörper 277 (vgl. Anlagespitze 275) und den Hebelkörpern 279 mit den Auflagespitzen 286 auf
10 die Fasenflächen 273, 274 eine Krafteinleitung ergibt, die zur Ausbildung der berechneten Spannungsverteilung führt. Die Anlagespitzen 275, 286 gewährleisten hierbei eine definierte Krafteinleitung ohne Verkanten. Diese Resultierende der eingeleiteten Kräfte verläuft aufgrund
15 der Symmetrie der durch die Auflagekörper 276, 285 gebildeten Zangen bezüglich der Mittelebene des Korrekturlements 244 in dieser mit der neutralen Fläche des Korrekturlements 244 zusammenfallenden Mittelebene. Auf diese Weise wird ein Durchbiegen des Korrekturlements 244 bzw.
20 das Übertragen eines Biegemomentes auf dieses durch die Kraftwirkung der Piezo-Aktuatoren 282 vermieden.

Figur 4 zeigt einen alternativen Anlagekörper 385 in einem Detailausschnitt, der demjenigen entspricht, der
25 in Figur 3 durch einen durchgezogenen Kreis markiert ist. Der Anlagekörper 385 ist am Hebelkörper 379 über zwei Gelenkverbindungen 387, 388 angelenkt. Diese sind an den "Dachkanten" zweier Dreiecksausleger des Hebelkörpers 379 angeordnet, zwischen denen der Hebelkörper 379
30 zurückversetzt ist, so daß er vom Anlagekörper 385 zwischen den Gelenkverbindungen 387, 388 beabstandet ist.

Der Anlagekörper 385 ist aus federndem Material. Auf seiner vom Hebelkörper 379 abgewandten Seite weist der
35 Anlagekörper 385 eine Anlagennase 389 auf, die auf der

Fasenfläche 373 des Korrekturlements 344 aufliegt.

Auch die anderen Anlagekörper bei der Ausführungsform gem. Figur 3 können nach Art des Anlagekörpers 385 gem. Fig. 05 4 ausgeführt sein.

Der Anlagekörper 385 funktioniert folgendermaßen:

10 Je nach der geometrischen Lage der beiden Gelenkverbindungen 387, 388 zur Fasenfläche 373 ist der Anlagekörper 385, solange keine Krafteinleitung erfolgt, entweder parallel zur Fasenfläche 273 oder unter einem bestimmten Winkel zu dieser angeordnet. Durch die Federwirkung des Anlagekörpers 385 sowie die Gelenkverbindungen 378, 388 15 wird sichergestellt, daß unabhängig vom Vorliegen eines derartigen Winkels die Anlagenase 389 bei der Krafteinleitung immer ohne Verkanten auf die Fasenfläche 373 wirkt.

20 Die Gelenkverbindungen 387, 388 können als konventionelle Gelenkverbindungen oder auch als Festkörpergelenke ausgeführt sein.

Eine alternative, eine dreizählige Rotationssymmetrie 25 aufweisende Krafteinleitungseinrichtung 470 für das Korrekturlement 444 ist in den Figuren 5 und 6 dargestellt. Der Grundkörper 477 mit den Bohrungen 478 ist als die Umfangsfläche 472 des Korrekturlements 444 umgebender Ring ausgebildet, der auch in der Figur 6 nur ausschnitts- 30 weise dargestellt ist.

Die Krafteinleitungseinrichtung 470 ist zudem bezüglich der senkrecht auf der optischen Achse 471 stehenden Mittelebene des Korrekturlements 444 spiegelsymmetrisch, so daß es im 35 folgenden genügt, nur die in Figur 5 obere Hälfte der

- 22 -

Krafteinleitungseinrichtung 470 im Detail zu beschreiben.

Flächig mit dem Grundkörper 470 verbunden ist eine Mehrzahl von Scher-Piezo-Aktuatoren 490, von denen in Figur 5 zwei
05 gezeigt sind, die einander gegenüberliegend beidseitig des Grundkörpers 477 an diesem anliegen. Über Steuerleitungen 483 stehen die Scher-Piezo-Aktuatoren 490 mit der Steuereinrichtung 484 in Verbindung.

10 Auf der vom Grundkörper 477 jeweils abgewandten Seite sind die Scher-Piezo-Aktuatoren 490 flächig mit Schubkörpern 491 verbunden, die über Anlagekörper 476, 485 mit Anlagespitzen 475, 486 an den Faserflächen 473, 474 des Korrekturlements 444 anliegen.

15 Insgesamt wird die Krafteinleitungseinrichtung 470 durch drei Paare von bezüglich des Grundkörpers 477 einander gegenüberliegenden Schubkörpern 491 mit zugehörigen Scher-Piezo-Aktuatoren 490 gebildet, die, jeweils um 120°
20 versetzt, um die Umfangsfläche 472 des Korrekturlements 444 angeordnet sind.

Das Korrekturlement 444 mit der Krafteinleitungseinrichtung 470 wird folgendermaßen eingesetzt:

25 Zunächst erfolgt in der Steuereinrichtung 484 analog zum im Zusammenhang mit der Figur 3 Beschriebenen eine Berechnung von Sollwerten für die Krafteinleitung der Schubkörper 491 bzw. der zugehörigen Auslenkungen der
30 Scher-Piezo-Aktuatoren 490. Diese Soll-Vorgaben werden durch Ansteuerung der Scher-Piezo-Aktuatoren 490 über die Steuerleitungen 483 in die gewünschte Spannungsverteilung im Korrekturlement 444 umgesetzt.

35 Die über die Scher-Piezo-Aktuatoren 490 vermittelten,

über die Anlagespitzen 475 einerseits und 486 andererseits wirkenden Teilkräfte werden derart bemessen, daß sie sich zu einer Gesamtkraft in der neutralen Fläche des Korrekturlements 444 addieren. Analog zum oben im Zusammenhang mit der Krafteinleitungseinrichtung 270 beschriebenen werden somit keine Biegemomente auf das Korrekturlement 444 ausgeübt.

Die Figuren 7 und 8 zeigen eine weitere Alternative eines Korrekturlements 544, in dem mittels einer Krafteinleitungseinrichtung 570 eine definierte Spannungsverteilung erzeugt wird. Das Korrekturlement 544 ist in diesem Fall eine asymmetrisch bikonkave Linse mit einer oberen Fassenfläche 573 und einer unteren Fassenfläche 574 im Randbereich. Diese ist über eine Mehrzahl von in Richtung der optischen Achse 571 des Korrekturlements 544 nachgiebigen Federarmen 592 gehaltert. Hierzu liegt die untere Fassenfläche 574 an einer entsprechend abgeschragten Stützfläche der Federarme 592 an.

Die Federarme 592 weisen jeweils einen sich an diese Stützfläche anschließenden Federarmabschnitt senkrecht zur optischen Achse 571 und einen diesen gegenüber rechtwinklig in Richtung der optischen Achse 571 abknickend verlaufenden zweiten Federarmabschnitt auf. Dieser zweite Federarmabschnitt geht über in einen die zweiten Federarmabschnitte aller Federarme 592 tragenden Verbindungsring über, dessen Innendurchmesser größer ist als der Außendurchmesser des Korrekturlements 544.

An seiner äußeren Umfangsfläche geht der Verbindungsring einstückig in einen den Verbindungsring coaxial umgebenden Federring 593 über. Letzterer hat verglichen mit dem Verbindungsring gemessen parallel zur optischen Achse eine geringere Materialstärke. Der Federring 593 verbindet

den Verbindungsring einstückig mit dem ringförmigen Grundkörper 577 über, welcher seinerseits den Federring 593 coaxial außen umgibt.

- 05 Figur 7 zeigt einen Ausschnitt der Federarm-Halterung des Korrekturlements 544, wobei insgesamt sechs Federarme 592 in dieser Darstellung sichtbar sind, davon zwei Federarme 592 je zur Hälfte. Insgesamt weist die Federarm-Halterung nach den Figuren 7 und 8 also zwanzig Federarme
- 10 592 auf, die gleichverteilt um den Umfang des Grundkörpers 577 an diesen angeformt sind und deren innere, die Stützflächen für das Korrekturlement 544 aufweisende Federarmabschnitte sich ähnlich wie Radspeichen radial nach innen erstrecken.
- 15 Die Krafteinleitungseinrichtung 570 der Ausführungsform gem. den Figuren 7 und 8 weist einen Stützring 594 auf, der coaxial in Bezug auf die optische Achse 571 um die Umfangsfläche 572 des Korrekturlements 544 herum angeordnet ist. An der inneren Mantelfläche des Stützrings
- 20 594 stützt sich eine Mehrzahl von Piezo-Aktuatoren 595 ab, die in zur optischen Achse 571 radialer Richtung längenveränderlich sind. Über Steuerleitungen 583 sind die Piezo-Aktuatoren 595 mit der Steuereinrichtung 584
- 25 verbunden.
- Die Piezo-Aktuatoren 595 stützen sich zwischen dem Stützring 594 und an der Umfangsfläche 572 des Korrekturlements 544 anliegenden Anlagekörpern 576 ab, die zwischen den
- 30 Piezo-Aktuatoren 595 und dem Korrekturlement 544 angeordnet sind. Die Anlagekörper 576 weisen jeweils zwei parallel zur Richtung der optischen Achse 571 versetzt angeordnete halbkugelige Anlagevorsprünge 596, 597 auf. Insgesamt liegen beim Ausführungsbeispiel der Figuren 7
- 35 und 8 zwanzig in Umfangsrichtung des Stützrings 594 gleich

verteilt angeordnete Piezo-Aktuatoren 595 mit zugehörigen
Anlagekörpern 576 vor. Die Anordnung der Piezo-Aktuatoren
595 in Umfangsrichtung des Korrekturlements 544 ist dabei
derart, daß, wie die Aufsicht der Figur 8 zeigt, jeweils
05 ein Piezo-Aktuator 595 in Umfangsrichtung des Stützrings
594 zwischen zwei Federarmen 592 liegt.

Durch die Abstützung der Piezo-Aktuatoren 595 am Stützring
594 einerseits und über die Anlagekörper 576 am Korrektur-
10 element 544 andererseits ergibt sich eine freitragende
Halterung der Krafteinleitungseinrichtung 570, getragen
nur durch das Korrekturlement 544. Dabei sind die Piezo-
Aktuatoren 595 parallel zur Richtung der optischen Achse
571 relativ zum Stützring 594 und unabhängig davon auch
15 zu den Anlagekörpern 576 verschiebbar.

Die Krafteinleitungseinrichtung 570 wird folgendermaßen
montiert und zur Erzeugung einer Spannungsverteilung
im Korrekturlement 544 eingesetzt:

20
Zunächst werden die Anlagekörper 576 um die Umfangsfläche
572 des Korrekturlements 544 herum entsprechend den
Anforderungen, die an die zu erzeugende Spannungsverteilung
gestellt sind, verteilt und ausgerichtet. In ihren Soll-
25 Positionen werden die Anlagekörper 576 mittels Hilfs-
Fixierelementen, z. B. auf benachbarten Federarmen 592
aufgesetzten Halteelementen, vorläufig fixiert. Anschlies-
send wird der Stützring 594 in Position um die Umfangs-
fläche 572 herum gebracht und ebenfalls mittels Hilfs-
30 Fixierelementen vorläufig fixiert. Die Piezo-Aktuatoren 595
werden nun zwischen die Anlagekörper 576 und den Stütz-
ring 594 eingeführt. Die Piezo-Aktuatoren 595 sind so
bemaßt, daß ein satter Paßsitz zwischen den Anlagekörpern
576 und dem Stützring 594 vorliegt. Die Hilfs-Fixierele-
35 mente können dann abgenommen werden.

In zur optischen Achse 571 paralleler Richtung werden die Piezo-Aktuatoren 595 derart justiert, daß sich über ihre Längenveränderung und die dadurch auf das Korrektur-
05 544 ausgeübte Kraftwirkung der jeweiligen Piezo-Aktuatoren über die Anlagevorsprünge 596, 597 eine Gesamtkraft des jeweiligen Piezo-Aktuators 595 auf das Korrektur-
10 544 ergibt, die längs dessen neutraler Fläche verläuft, so daß durch die Piezo-Aktuatoren 595 keine Biegemomente auf das Korrektur-
10 544 ausgeübt werden.

Schließlich wird, wie oben im Zusammenhang mit der Steuer-
einrichtung 284 beschrieben, über die Steuerleitungen
583 eine von der Steuereinrichtung 584 berechnete Spannung
15 an die Piezo-Aktuatoren 595 übertragen, so daß eine vorgegebene Spannungsverteilung erzeugt wird.

Alternativ zu den voneinander getrennten Anlagekörpern
576 beim Ausführungsbeispiel der Figuren 7 und 8 kann
20 stattdessen auch ein zum Stützring 594 coaxial ausgeführter Anlagering eingesetzt werden.

Weitere Varianten von Anlagekörpern, die im Zusammenhang
mit den Krafteinleitungseinrichtungen einsetzbar sind,
25 welche oben unter Bezug auf die Fig. 2 bis 8 beschrieben wurden, zeigen die Figuren 9 bis 12.

Der Anlagekörper 676 in Figur 9 wird von einem längenver-
änderlichen Piezo-Aktuator 695 in zur optischen Achse des
30 Korrekturlements 644 radialer Richtung gegen dessen Umfangsfläche 672 gedrückt. Dabei liegt der Anlagekörper 676 über insgesamt 5 Anlagevorsprünge 697', 697'', 697''',
697''''', 697''''', an der Umfangsfläche 672 an. Die
Anlagekörper 697' bis 697'''''' sind an einer Anlageleiste
35 698 angeformt, die in einer zur optischen Achse des

Korrekturelements 644 senkrechten Schnittebene eine in etwa mondsichelförmige Querschnittsfläche aufweist. Über Tragarme 699 ist die Anlageleiste 698 mit einer Tragleiste 669 einstückig verbunden. Letztere liegt mit ihrer von
05 der Anlageleiste 698 abgewandten Endfläche am Piezo-Aktuator 695 an.

Aufgrund der Querschnittsflächen-Gestaltung der Anlageleiste 698 weist diese im Bereich des mittleren Anlagevorsprungs 697''' die höchste Biegesteifigkeit auf,
10 welche hin zu den randseitigen Anlagevorsprüngen 697' bzw. 697'''''' progressiv abnimmt. Bei einem Druck des Piezo-Aktuators 695 auf das Korrekturalelement 644 über die Anlagevorsprünge 697' bis 697'''''' ergibt sich aus dieser
15 Querschnittsflächen-Gestaltung eine charakteristische Druckverteilung auf das Korrekturalelement 644. Diese kann, wie auch bei den anderen beschriebenen Ausführungsformen, zusätzlich noch von der Querschnittsflächen-Gestaltung senkrecht zur Anlageleiste 698 abhängen. Diese Druckverteilung führt zu einer entsprechenden Spannungsverteilung
20 im Korrekturalelement 644. Neben der Querschnittsflächen-Gestaltung der Anlageleiste 698 wirkt sich z. B. auch die Materialauswahl für diese auf die Biegesteifigkeitsverteilung aus. Die Anlageleiste kann hierbei insgesamt aus
25 einem Material mit konstantem Elastizitätsmodul oder auch aus einem Verbund von Materialien verschiedener Biegesteifigkeit, die insbesondere längs der Anlageleiste 698 variiert, bestehen.

30 Figur 10 zeigt eine weitere Variante eines Anlagekörpers 776. Bei diesem ist, wie ein Vergleich der dargestellten Aufsichten zeigt, die Anlageleiste 798 auf der vom Korrekturalelement 744 abgewandten Seite in etwa komplementär zur Anlageleiste 698 von Figur 9 geformt, d. h. der Querschnitt
35 der Anlageleiste 798 ist im Bereich des mittleren Anlage-

vorsprungs 797''' am geringsten und nimmt in Richtung der äußeren Anlagevorsprünge 797', 797'''' progressiv zu. Beim Druck auf den Anlagekörper 776 mit dem Piezo-Aktuator 795 resultiert daher eine entsprechend andere Druckverteilung über die Anlagevorsprünge 797' bis 797'''' auf das Korrekturlement 744, als dies beim Druck auf den Anlagekörper 676 der Fall ist.

Figur 11 zeigt eine weitere Variante eines Anlagekörpers 876. Dort ist die Anlageleiste 898 über einen zentralen Verbindungsabschnitt 868 mit der Tragleiste 869 verbunden. Die Anlageleiste 898 hat eine zur Anlageleiste 698 gemäß Figur 9 ähnliche Querschnittsgestaltung, weist also bezüglich den zur Zeichenebene der Fig. 11 parallelen Schnittebenen im Bereich des mittleren Anlagevorsprungs 897'', in dem sie in den Verbindungsabschnitt 868 übergeht, den größten Querschnitt auf, welcher hin zu den randseitigen Anlagevorsprüngen 897' bzw. 897'''' progressiv abnimmt. Entsprechend der Form des Anlagekörpers 876 und der Querschnitts-Gestaltung sowie der Materialauswahl für die Anlageleiste 898 ergibt sich auch hier bei einer Druckausübung auf das Korrekturlement 844 mittels des Piezo-Aktuators 895 eine vorgegebene Druckverteilung, die die Anlagevorsprünge 897' bis 897'''' auf die Umfangsfläche 872 des Korrekturlements 844 ausüben.

Figur 12 zeigt noch eine Ausgestaltung eines Anlagekörpers 976. Dieser liegt auf seiner vom Korrekturlement 944 abgewandten Seite ebenfalls flächig am Piezo-Aktuator 995 an. An der vom Piezo-Aktuator 995 abgewandten und der Umfangsfläche 972 des Korrekturlements 944 zugewandten Fläche sind am Anlagekörper 976 vier Druckfedern 967' bis 967'''' angebracht, die über halbkugelige Anlageabschnitte an der Umfangsfläche 972 des Korrekturlements 944 anliegen. Die Druckfedern 967' bis 967'''' weisen

- unterschiedliche vorgegebene Federkonstanten auf. So haben die beiden mittleren Druckfedern 967'', 967''' eine größere Federhärte als die beiden außenliegenden Druckfedern 967', 967'''''. Dies führt dazu, daß bei einer Druckausübung auf
- 05 den Anlagekörper 976 mittels des Piezo-Aktuators 995 die beiden mittleren Druckfedern 967'', 967''' eine größere Kraft auf die Umfangsfläche 972 ausüben als die beiden außenliegenden Druckfedern 967', 967'''''.
- 10 Je nach den Anforderungen an die vorzugebende Spannungsverteilung können die Querschnittsflächenformen der Anlageleisten 698 bis 898 bzw. die Federkonstanten der Druckfedern 967' bis 967''''' auch andere Formen bzw. Wertverteilungen aufweisen.
- 15 Die beschriebenen und zitierten und beanspruchten Maßnahmen können in unterschiedlichster Weise kombiniert werden, auch wenn dies nicht im einzelnen beschrieben ist.

Patentansprüche

=====

1. Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie mit
05
a) einer Lichtquelle (1), insbesondere mit einer Wellenlänge im Bereich von 250 bis 100 nm;
b) einem Beleuchtungssystem (2);
10
c) einem Masken-Positionier-System (31);
d) einem Projektionsobjektiv (4), vorzugsweise mit einer bildseitigen numerischen Apertur (NA) im Bereich
15 von 0,7 bis 0,95, mit einer Systemaperturebene (P) und mit einer Bildebene (5), enthaltend mindestens eine Linse (42,43) aus einem Material, das vom Durchtrittswinkel (α) abhängige Doppelbrechung aufweist, insbesondere nahe der Bildebene (5) angeordnet;
20
e) einem Objekt-Positionier-System (51);
dadurch gekennzeichnet, daß
25 im Beleuchtungssystem (2) oder im Projektionsobjektiv (4) nahe einer Pupillenebene (P) ein optisches Element (44; 144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) vorgesehen ist, das eine ortsabhängige polarisationsdrehende bzw. ortsabhängige unterschiedliche doppelbrechende Wirkung
30 aufweist und die von der mindestens einen Linse (42, 43) erzeugten Doppelbrechungseffekte in der Bildebene (5) mindestens teilweise kompensiert.
2. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 1, dadurch
35 gekennzeichnet, daß das Material der mindestens einen

- 31 -

Linse ein kubischer Fluoridkristall, insbesondere CaF_2 , BaF_2 oder SrF_2 ist.

3. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 1 oder
05 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Durchtrittswinkel (α) abhängige Doppelbrechung und die ortsabhängige polarisationsdrehende bzw. ortsabhängige unterschiedliche doppelbrechende Wirkung die gleiche mehrzählige, insbesondere drei- oder vierzählige Rotationssymmetrie aufweisen.
- 10 4. Projektionsbelichtungsanlage nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Linse (42, 43) aus besagtem Material, welches eine vom Durchtrittswinkel (α) abhängige
15 Doppelbrechung aufweist, zwischen der Systemaperturebene (P) und der Bildebene (5) angeordnet ist, insbesondere als bildseitig letzte Linse (43).
- 20 5. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Element (44; 144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) mit ortsabhängiger polarisationsdrehender bzw. ortsabhängiger unterschiedlicher doppelbrechender Wirkung nahe der Systemaperturebene (P) des Projektionsobjektivs (4)
25 angeordnet ist.
- 30 6. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Element (44; 144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) mit ortsabhängiger polarisationsdrehender bzw. ortsabhängiger unterschiedlicher doppelbrechender Wirkung ein optisch aktives Element, insbesondere aus Quarz, oder ein doppelbrechendes Element mit örtlich variierender Dicke
35 ist.

7. Projektionsbelichtungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bildebene (5) tangentiale oder radiale Polarisierung vorliegt.
- 05
8. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Beleuchtungssystem (2) oder im objektseitigen Teil (41) des Projektionsobjektivs (4) radiale Polarisierung erzeugt wird und daß nahe 10 der Systemaperturbene (P) ein optisch aktives Element (44), insbesondere aus Quarz, angeordnet ist, welches eine Polarisationsdrehung zur tangentialen Polarisierung mit überlagerter Kompensation der von der mindestens einen Linse (42, 43) erzeugten Doppelbrechungseffekte bewirkt, 15 und zwar durch geeignete örtliche Dickenverteilung des Elements (44).
9. Optisches System, insbesondere mikrolithographisches Projektionsobjektiv, mit
- 20
- a) mindestens einem ersten optischen Element, das eine polarisationsabhängige Störung der Propagation über die Winkel der Lichtstrahlen eines durchtretenden Lichtbündels bewirkt;
- 25
- dadurch gekennzeichnet, daß
- b) mindestens ein zweites optisches Element (44; 144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) vorgesehen ist, 30 das eine vom Ort der Lichtstrahlen des Lichtbündels am zweiten optischen Element (44; 144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) abhängigen Einfluss auf die Polarisierung bewirkt, derart, daß die Störung durch das erste optische Element (42, 43) zumindest teilweise 35 kompensiert wird.

- 33 -

10. Optisches System nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß es
- 05 a) mindestens eine Feldebene (3, 5) und
- b) mindestens eine dazu fouriertransformierte Pupillenebene (P) aufweist, und daß
- 10 c) das erste optische Element (42, 43) nahe besagter Feldebene (3, 5) und
- d) das zweite optische Element (44; 144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) nahe einer besagten Pupillenebene (P) angeordnet ist.
- 15
11. Optisches System nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Störung der Propagation und der Einfluß auf die Polarisierung die gleiche mehr-
- 20 zählige, insbesondere drei- oder vierzählige Rotations-symmetrie aufweisen.
12. Optisches System, insbesondere mikrolithographisches Projektionsobjektiv, mit mindestens einem ersten
- 25 und einem zweiten optischen Element, die beide eine polarisationsabhängige Störung der Propagation über die Winkel der Lichtstrahlen eines durchtretenden Lichtbündels bewirken,
- 30 dadurch gekennzeichnet, daß
- das erste und das zweite optische Element derart um eine gemeinsame Symmetrieachse gegeneinander verdreht sind, daß die Drehwinkelbereiche maximaler Doppelbrechung des
- 35 ersten und des zweiten Elements gegeneinander versetzt sind.

13. Optisches System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Merkmale mindestens eines der Ansprüche 9 bis 11 erfüllt sind.
- 05 14. Optisches System nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein optisches Element (144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) mit spannungsabhängiger ortsabhängig polarisationsdrehender bzw. ortsabhängig unterschiedlicher doppelbrechender Wirkung zur Änderung der polarisationsbeeinflussenden Wirkung an eine Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157; 270; 470; 570) angekoppelt ist.
- 10 15. Optisches System nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157; 270; 470; 570) mindestens einen Piezo-Aktuator (151 bis 153; 282; 490; 595) aufweist.
- 15 16. Optisches System nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157; 270; 470; 570) auf die Umfangsfläche (161; 272; 372; 472; 572; 672; 772; 872; 972) des optischen Elements (144; 244; 344; 444; 544; 644; 744; 844; 944) wirkt, ohne eine Durchbiegung von diesem hervorzurufen.
- 20 17. Optisches System nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungseinrichtung (270; 470; 570) mindestens eine Krafteinleitungskomponente (276, 277, 279, 285; 379, 385; 476, 485, 491; 576) aufweist, die über Krafteinleitungskörper (275, 286; 389; 475, 486; 596, 597) an mindestens zwei Krafteinleitungsorten derart auf das optische Element (244; 344; 444; 544) wirkt, daß die Resultierende der Kräfte, die über die Krafteinleitungsorte auf das optische Element (244; 344; 444; 544)
- 25 30 35

wirken, in einer neutrale Fasern des optischen Elements (244; 344; 444; 544) enthaltenden neutralen Fläche verläuft.

- 05 18. Optisches System nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, daß ein Anlagekörper (389;
698; 798; 898), über den der Krafteinleitungskörper (385;
676; 776; 876) am Krafteinleitungsort anliegt, derart beweg-
lich ausgebildet ist, daß eine Ausrichtung des Anlagekör-
10 pers (389; 698; 798; 898) zum Krafteinleitungsort möglich
ist.
19. Optisches System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeich-
net, daß der Anlagekörper (389; 698; 798; 898) über
15 eine Feder an einem Grundkörper (379; 669; 769; 869) des
Krafteinleitungskörpers (385; 676; 776; 876) angebracht
ist.
20. Optisches System nach Anspruch 18 oder 19, dadurch
20 gekennzeichnet, daß der Anlagekörper (389) über
mindestens ein Gelenk (387, 388) an einem Grundkörper
(379) des Krafteinleitungskörpers (385) angebracht ist.
21. Optisches System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeich-
25 net, daß der Anlagekörper (389; 698; 798; 898) mit
einem Grundkörper (379; 669; 769; 869) des Krafteinleitungs-
körpers (385; 676; 776; 876) über mindestens ein bewegli-
ches Festkörpergelenk (387, 388; 698; 798; 898) verbunden
ist.
- 30 22. Optisches System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeich-
net, daß der Anlagekörper (698; 798; 898) über einen
in Umfangsrichtung des optischen Elements (644; 744; 844)
ausgedehnten Krafteinleitungsort oder über mindestens
35 zwei in Umfangsrichtung des optischen Elements versetzte

- Krafteinleitungsorte (697; 797; 897) auf das optische Element (644; 744; 844) wirkt, wobei der Anlagekörper (698; 798; 898) eine in Umfangsrichtung des optischen Elements (644; 744; 844) variierende Anlagekraft in das
05 optische Element (644; 744; 844) einleitet.
23. Optisches System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Anlagekörper (698; 798; 898) eine in
Umfangsrichtung des optischen Elements (644; 744; 844)
10 variierende Biegesteifigkeit aufweist.
24. Optisches System nach einem der Ansprüche 14 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Anlagekörper (976) über mindestens zwei in Umfangsrichtung des optischen
15 Elements (944) versetzte Federkörper (967) mit vorgegebener Federhärte eine in Umfangsrichtung des optischen Elements (944) variierende Kraft in das optische Element (944) einleitet.
- 20 25. Optisches System nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß eine Krafteinleitungskomponente (276, 277, 279, 285; 379, 385; 476, 485, 491; 576) genau zwei Krafteinleitungskörper (275, 286; 389; 475, 486; 596, 597) aufweist, deren Krafteinleitungsorte
25 außerhalb der neutralen Fläche des optischen Elements (244; 344; 444; 544) angeordnet sind.
26. Optisches System nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Krafteinleitungskörper (276,
30 277, 279, 285) über ein Gelenk (280) miteinander verbunden sind, wobei zwischen dem Gelenk (280) und einem der Krafteinleitungsorte jeweils ein erster Hebelarm des Krafteinleitungskörpers (276, 277, 279, 285) ausgebildet ist und an einem zweiten Hebelarm des Krafteinleitungs-
35 körpers (276, 277, 279, 285) ein Aktuator (282) angreift.

27. Optisches System nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Krafteinleitungskörper (276, 277, 279, 285) nach Art einer Zange ausgebildet sind, wobei ein einzelner Aktuator (282) zwischen den beiden zweiten Hebelarmen der Krafteinleitungskörper (276, 277, 279, 285) angeordnet ist und gleichzeitig auf beide zweite Hebelarme wirkt.
28. Optisches System nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß einem Krafteinleitungskörper (475, 486; 596, 597) jeweils mindestens ein Aktuator (490; 595) zur Steuerung der Krafteinleitung in das optische Element (444; 544) zugeordnet ist.
29. Optisches System nach Anspruch 28, gekennzeichnet durch mindestens einen eine Scherwirkung aufweisenden Aktuator (490), der zwischen dem Krafteinleitungskörper (475, 486) und einem fassungsfesten Bauteil (477) einer Fassung des optischen Elements (444) wirkt.
30. Optisches System nach einem der Ansprüche 17 bis 24, gekennzeichnet durch eine Krafteinleitungskomponente (576) mit einem Krafteinleitungskörper (596, 597) mit mindestens zwei Krafteinleitungsorten, die in Richtung der optischen Achse (592) des optischen Elements (544) versetzt angeordnet sind.
31. Optisches System nach Anspruch 30, gekennzeichnet durch einen radial zum optischen Element (544) auf den Krafteinleitungskörper (596, 597) wirkenden Aktuator (595), der in Richtung der optischen Achse (592) des optischen Elements (544) verschiebbar angeordnet ist.
32. Optisches System nach Anspruch 31, gekennzeichnet

durch einen als Ring (594) um das optische Element (544) ausgebildeten Reaktionskörper für den Aktuator (595).

33. Optisches System nach einem der Ansprüche 14 bis 32,
05 gekennzeichnet durch eine dynamisch wirkende Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157).
34. Optisches System nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungseinrichtung (151
10 bis 157) derart ausgeführt ist, daß sie mit vorgegebener Frequenz auf das optische Element (144) wirkt.
35. Optisches System nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157) im Bereich einer Resonanzfrequenz
15 der Körperschwingung des optischen Elements (144) liegt.
36. Optisches System nach einem der Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle
20 (101) derart ausgeführt ist, daß sie ein intermittierendes Projektionslichtbündel emittiert, und daß die Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157) derart ausgeführt ist, daß sie zeitlich abgestimmt auf das Projektionslichtbündel intermittierend auf das optische
25 Element (144) wirkt.
37. Optisches System nach Anspruch 36, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung (159) zur Synchronisierung der Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157) mit
30 der Lichtquelle (101).
38. Optisches System nach einem der Ansprüche 33 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157) derart ausgebildet ist, daß sie
35 innerhalb des optischen Elements (144) ein Schallwellen-

- 39 -

profil erzeugt, dessen Verteilung einer vorgegebenen Superposition von Zernikefunktionen entspricht.

- 05 39. Optisches System nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157) eine stehende Schallwelle im optischen Element (144) erzeugt wird.
- 10 40. Optisches System nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Krafteinleitungseinrichtung (151 bis 157) eine laufende Schallwelle im optischen Element (144) erzeugt wird.
- 15 41. Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie enthaltend ein optisches System, insbesondere ein Projektionsobjektiv, nach einem der Ansprüche 9 bis 40.
- 20 42. Herstellverfahren eines Mikrolithographie-Projektionsobjektivs, bei dem das Objektiv (4) komplett montiert wird und die Wellenfront in der Bildebene vermessen wird, dadurch gekennzeichnet, daß eine mehrzählig, insbesondere drei- oder vierzählig rotationssymmetrische Störung ausgewertet wird und davon abhängig das Dickenprofil eines optischen Elements (44), das insbesondere pupillennah angeordnet ist, mit der gleichen mehrzähligen Rotationssymmetrie verändert wird, so daß die mehrzählige rotationssymmetrische Störung der Wellenfront in der Bildebene (5) zumindest teilweise kompensiert wird.
- 25 43. Herstellverfahren nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß das Mikrolithographie-Projektionsobjektiv ein optisches System nach mindestens einem der Ansprüche 9 bis 40 und/oder Teil einer Projektionsbelichtungsanlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8 oder 41 ist.
- 30 35

44. Mikrolithographisches Strukturierverfahren, gekennzeichnet durch die Verwendung einer Projektionsbelichtungsanlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8 oder 41 oder enthaltend ein optisches
05 System nach mindestens einem der Ansprüche 9 bis 40 oder hergestellt nach Anspruch 42 oder 43.

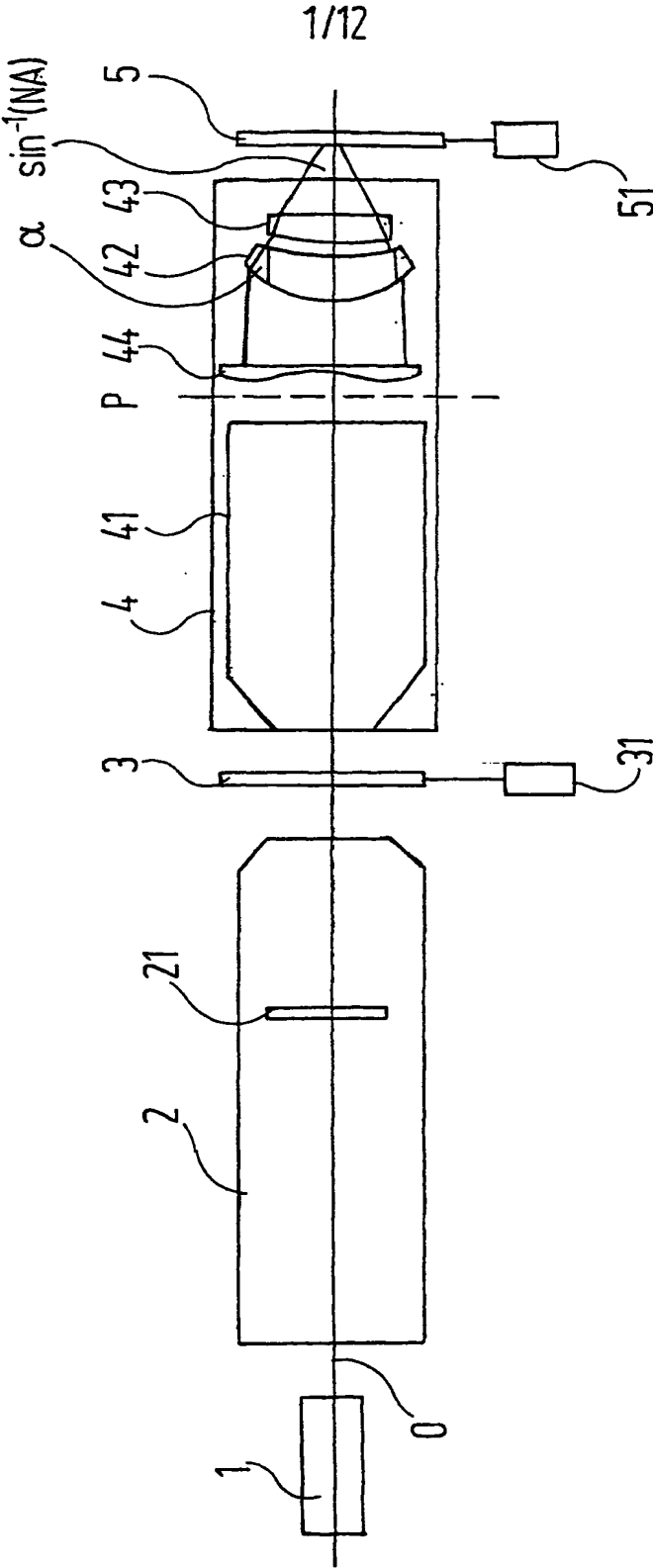
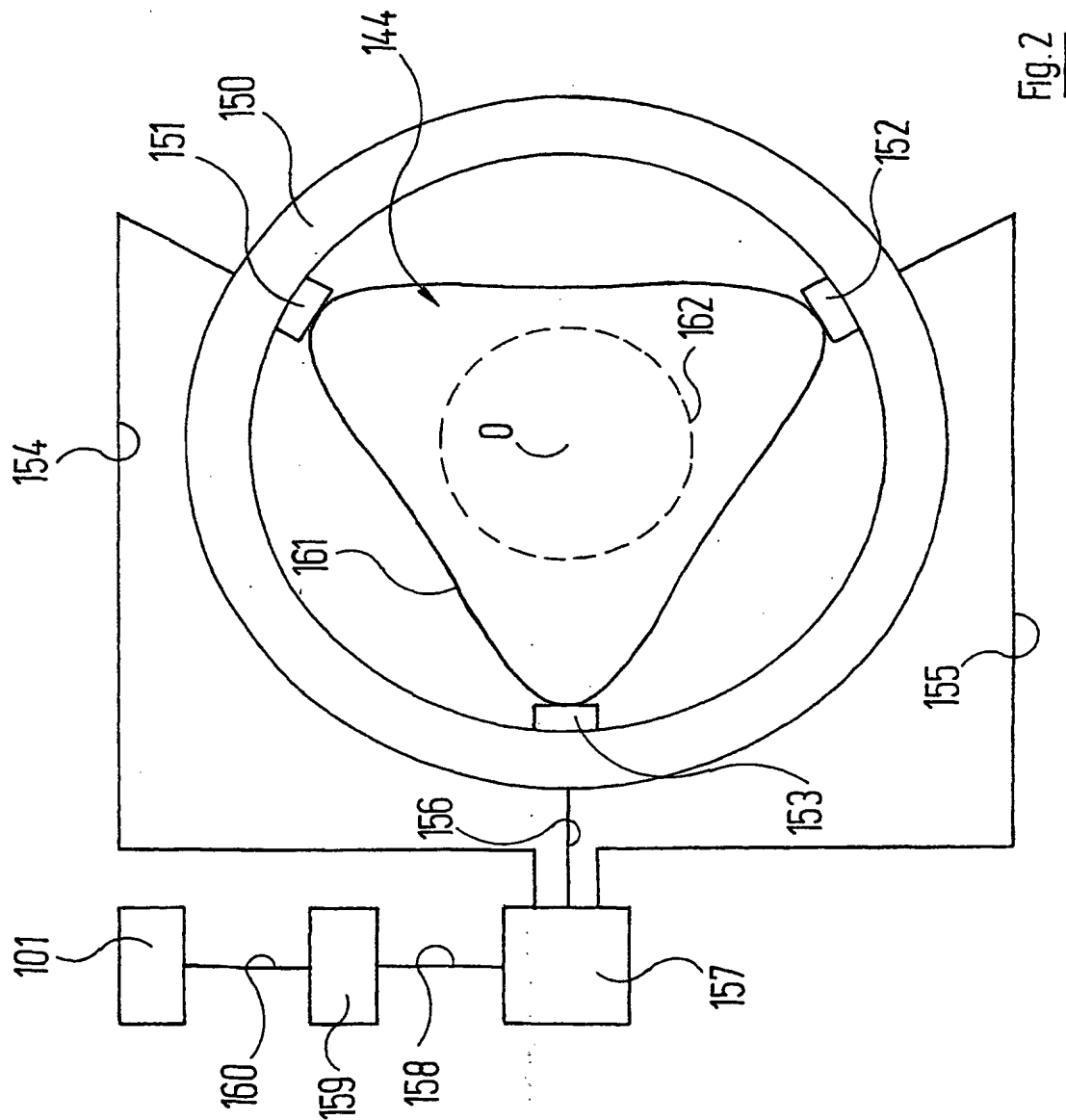


Fig.1



3/12

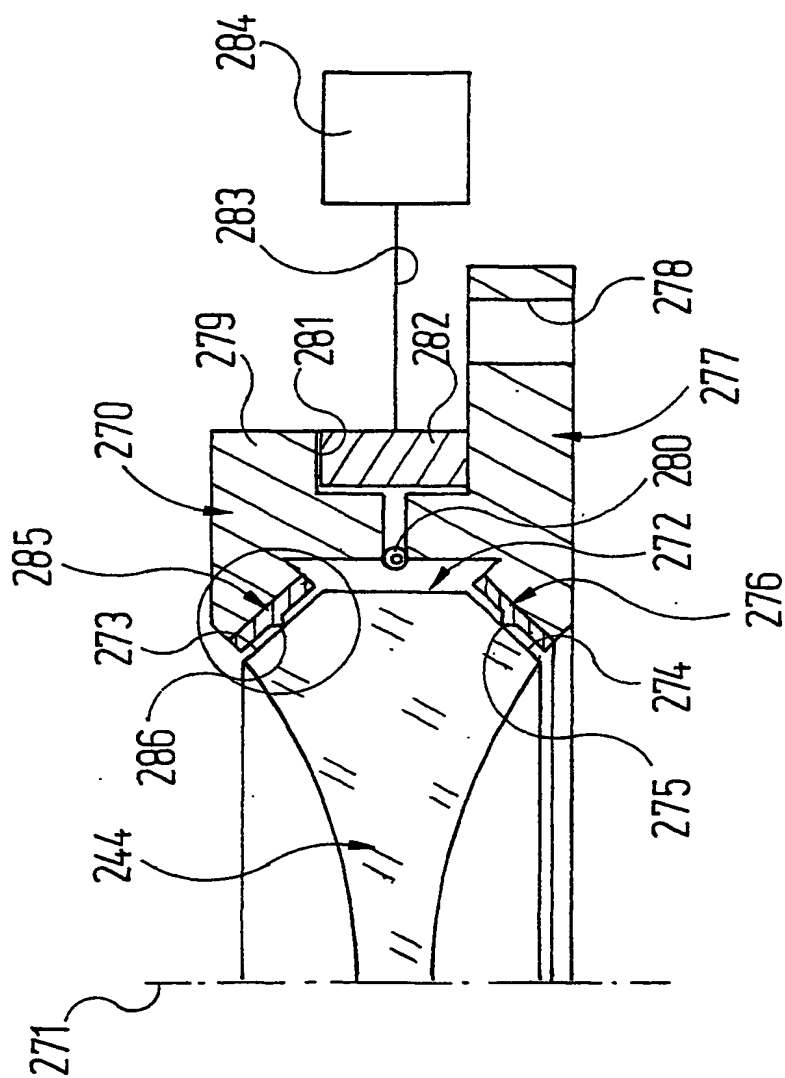


Fig. 3

4/12

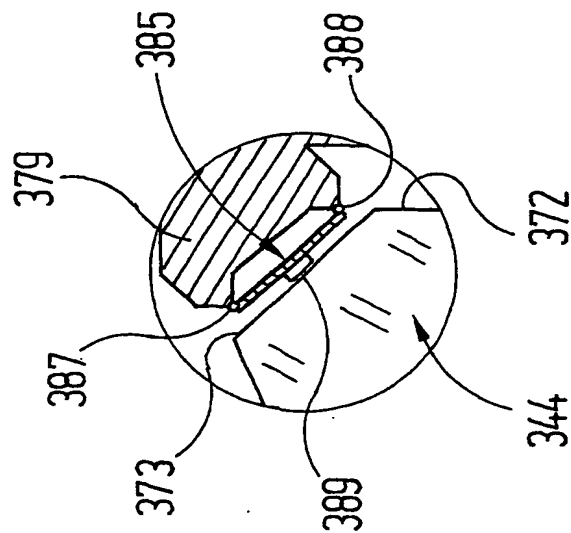
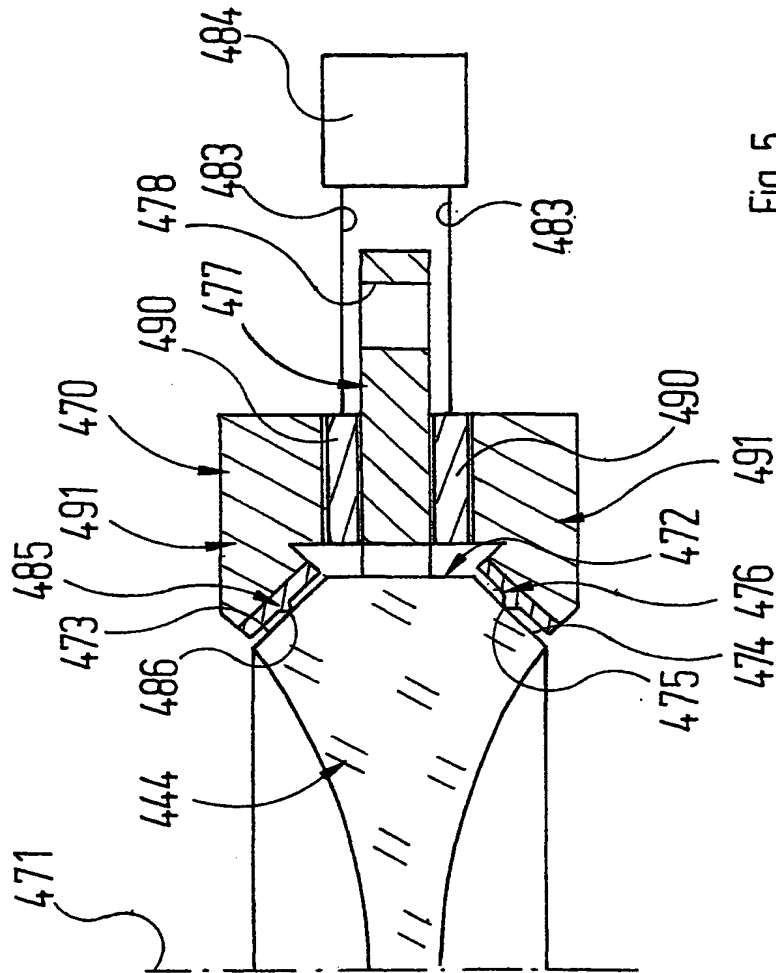


Fig. 4



6/12

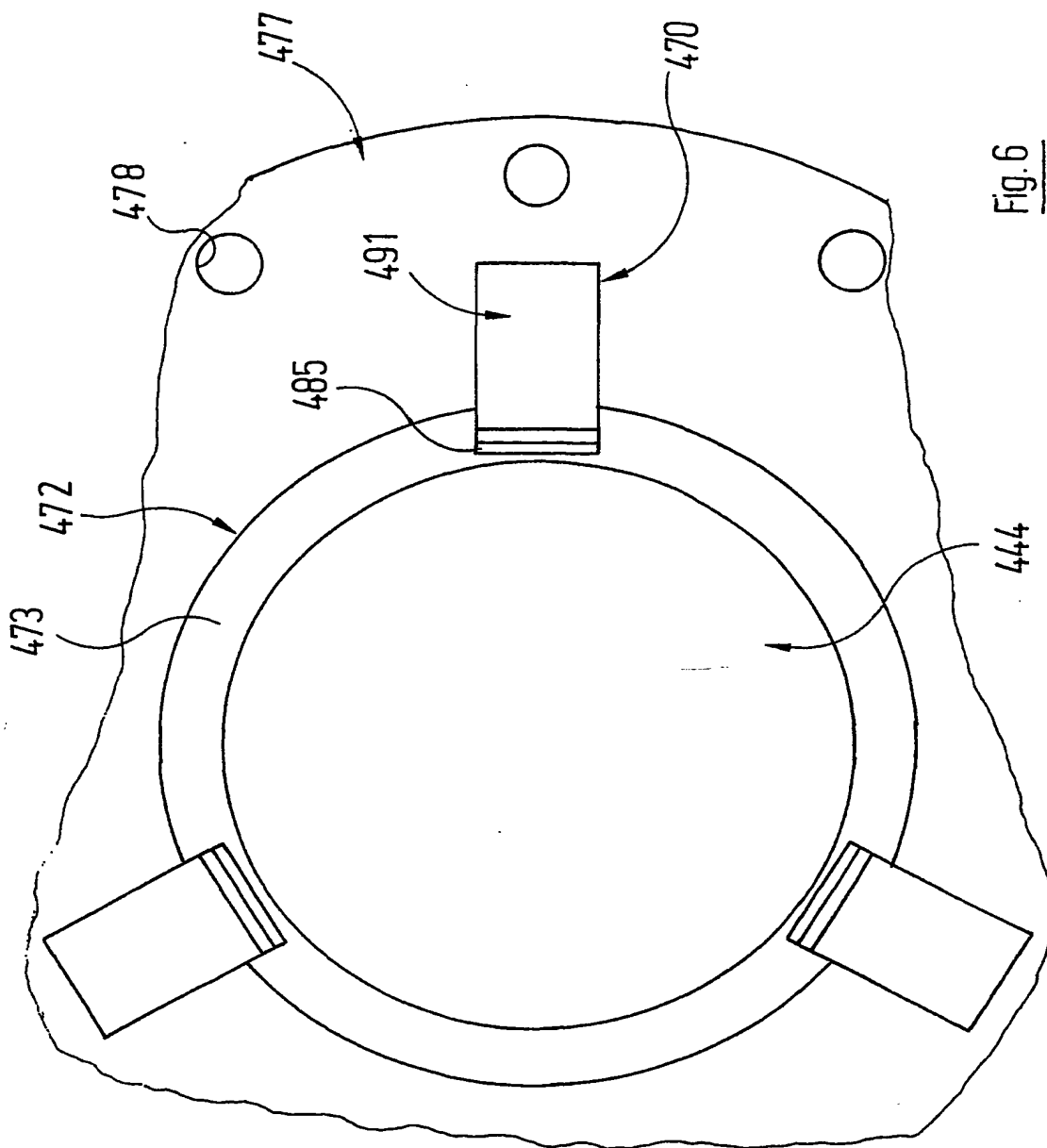


Fig. 6

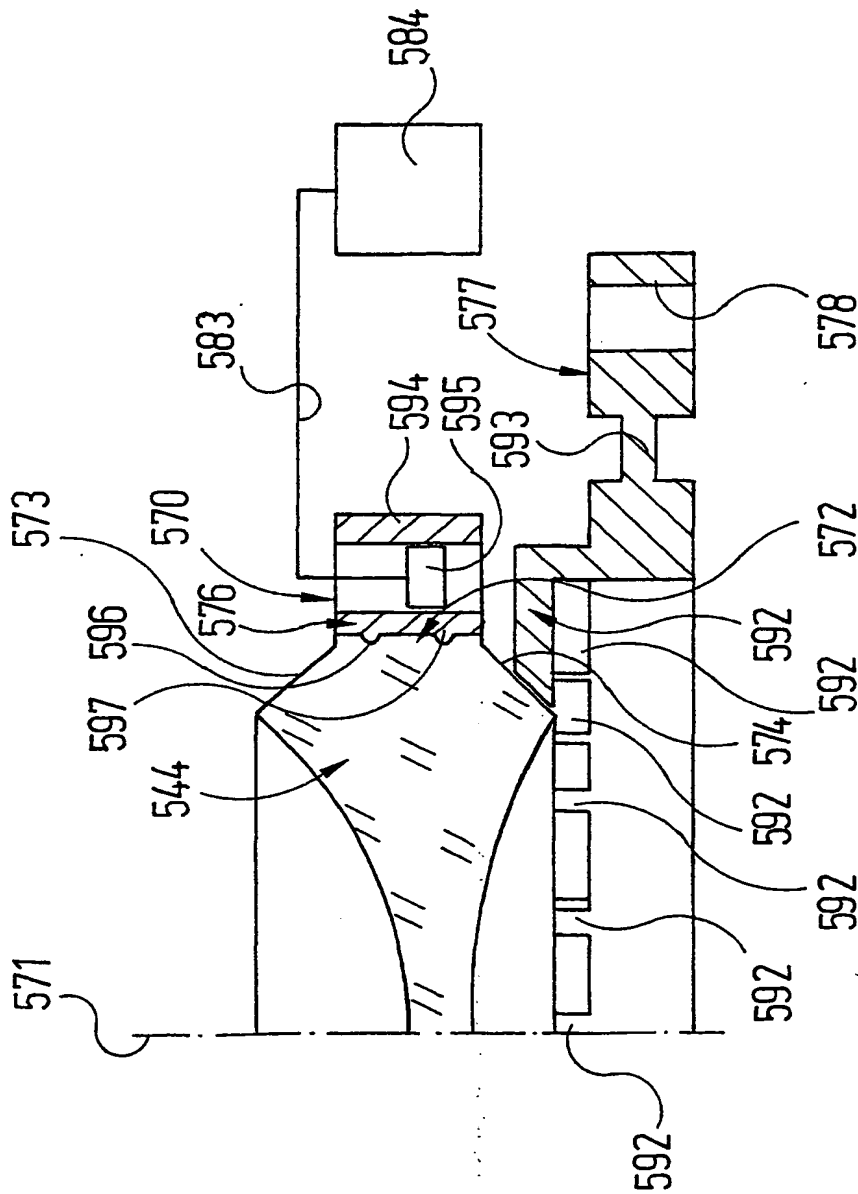


Fig. 7

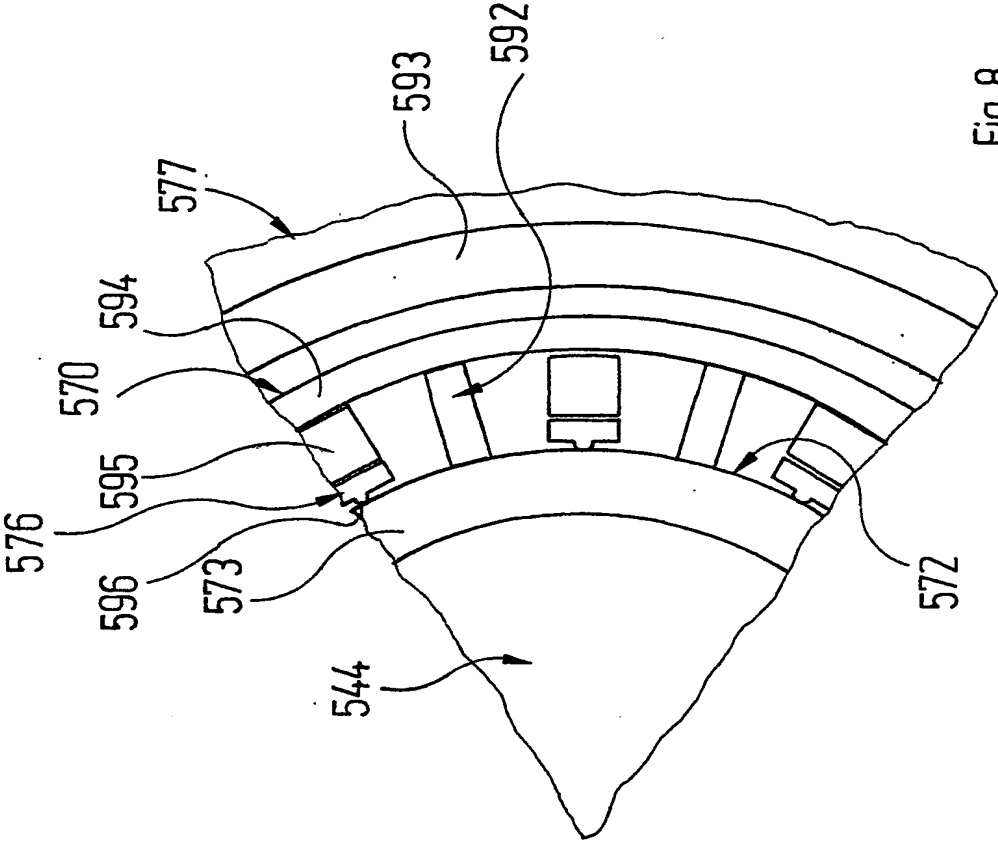
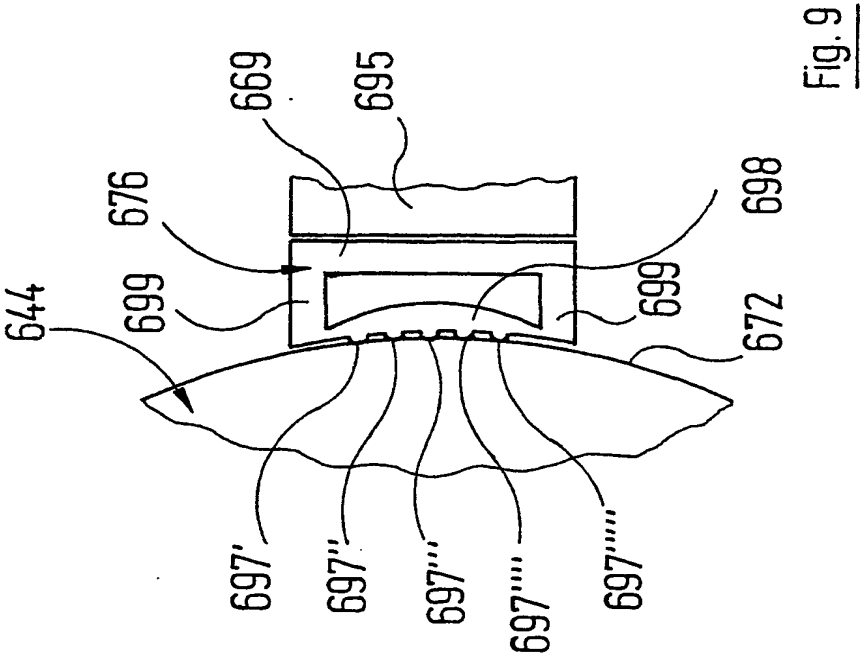


Fig. 8



10/12

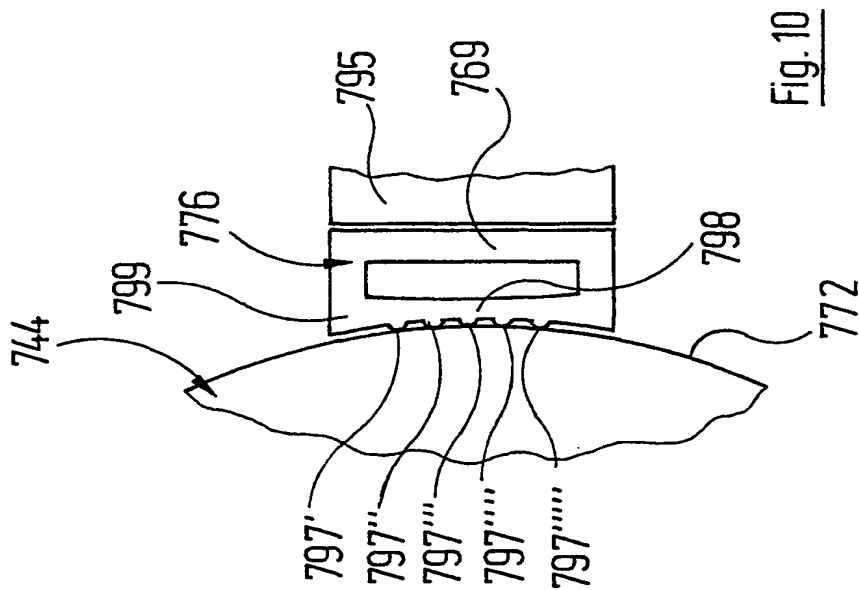


Fig. 10

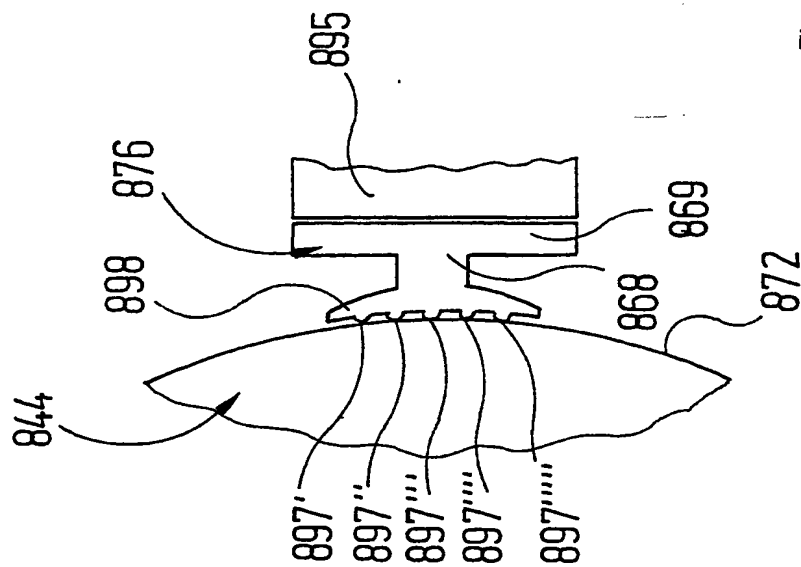


Fig. 11

12/12

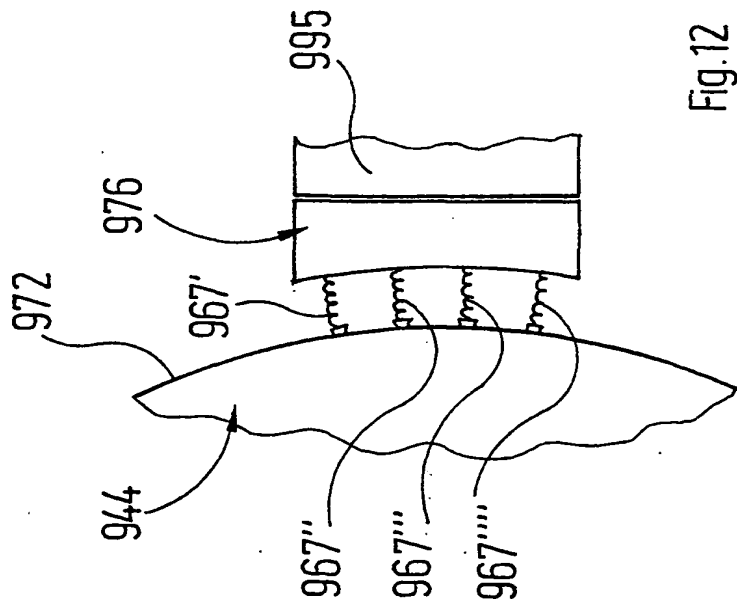


Fig. 12

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. November 2002 (21.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/093257 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G03F 7/20,**
G02B 5/30

AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse, 73447 Oberkochen
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/04900**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Mai 2002 (04.05.2002)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRUNOTTE, Mar-**
tin [DE/DE]; Egerlandstrasse 32, 73431 Aalen (DE).
HARTMAIER, Jürgen [DE/DE]; Zillerrieser Strasse
18, 73632 Aalen (DE). HOLDERER, Hubert [DE/DE];
Gräfinstrasse 6, 89551 Königsbronn (DE). KAISER,
Winfried [DE/DE]; Fahrbachstrasse 150, 73431 Aalen
(DE). KOHL, Alexander [DE/DE]; Zeppelinstrasse 1,
73430 Aalen (DE). KUGLER, Jens [DE/DE]; Götzen-
bachstrasse 1, 73540 Heubach (DE). MAUL, Manfred
[DE/DE]; Elchweg 29, 73434 Aalen (DE). WAGNER,
Christian [DE/NL]; Steenstraat 131, NL-5521 KS Eersel
(NL).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
101 23 725.1 15. Mai 2001 (15.05.2001) **DE**

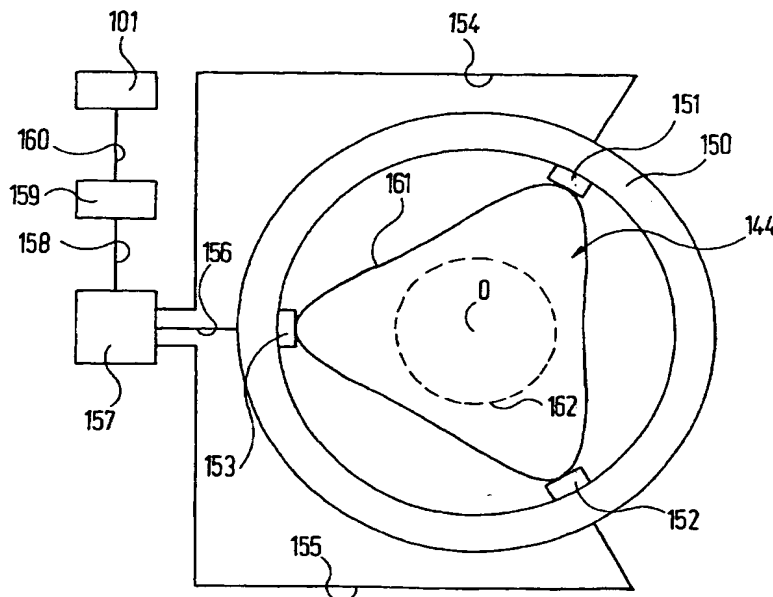
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CARL ZEISS SMT AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Str.**
22, 73447 Oberkochen (DE). CARL ZEISS SEMICON-
DUCTOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES

(74) Anwälte: **OSTERTAG, Ulrich usw.; Eibenweg 10, 70597**
Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION ILLUMINATION SYSTEM**

(54) Bezeichnung: **PROJEKTIONSBELICHTUNGSANLAGE DER MIKROLITHOGRAPHIE,**



(57) Abstract: The invention relates to a projection illumination system, especially one with 157 or 193 nm and an image-side NA of 0.8 0.95, comprising fluoride crystal lenses (43, 43), wherein the negative effect of the angle-dependent birefringence thereof is reduced by relative rotation around the optical axis (O) and/or by a correction element (44) close to a plane of the pupil (P).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/093257 A3



(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen

Recherchenberichts:

25. September 2003

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Projektionsbelichtungsanlage besonders mit 157 oder 193 nm und bildseitigen NA von 0,8 bis 0,95, mit Fluorid-Kristallinsen (43, 43) wird deren winkelabhängige Doppelbrechung durch Relativdrehung um die optische Achse (O) und/oder durch ein Korrekturlement (44) nahe einer Pupillenebene (P) in ihrem störenden Effekt vermindert.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/04900

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G03F7/20 G02B5/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G03F G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 07 120 A (ZEISS CARL FA) 26 August 1999 (1999-08-26) cited in the application	9,12,41
A	column 1, line 65 -column 2, line 26; figures 1,2	1
X	EP 1 063 684 A (NIPPON KOGAKU KK) 27 December 2000 (2000-12-27) paragraph '0013! - paragraph '0020! paragraph '0031! - paragraph '0033!; figures 1A-3B paragraph '0052! - paragraphs '0054!,'0119!; figure 5 --- -/--	1,2,4,5, 9,12,41



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"G" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 February 2003

Date of mailing of the international search report

14 03. 2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ciarrocca, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/04900

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 14, 5 March 2001 (2001-03-05) -& JP 2000 331927 A (CANON INC), 30 November 2000 (2000-11-30) abstract; figure 7 paragraph '0050! - paragraph '0052!; figure 6 ---	1, 9, 14, 41
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31 May 1999 (1999-05-31) -& JP 11 054411 A (CANON INC), 26 February 1999 (1999-02-26) abstract paragraph '0039! paragraph '0065! paragraph '0074! - paragraph '0075!; figure 18 ---	9, 14, 41, 42
X	DE 196 37 563 A (ZEISS CARL FA) 19 March 1998 (1998-03-19) column 4, line 39 - line 46; figure 1 ---	9, 14
A	UNNO Y: "Distorted wave front produced by a high-resolution projection optical system having rotationally symmetric birefringence" APPLIED OPTICS, 1 NOV. 1998, OPT. SOC. AMERICA, USA, vol. 37, no. 31, pages 7241-7247, XP002219376 ISSN: 0003-6935 the whole document ---	1
P, X	BURNETT J H ET AL: "Intrinsic birefringence in calcium fluoride and barium fluoride" PHYSICAL REVIEW B (CONDENSED MATTER AND MATERIALS PHYSICS), 15 DEC. 2001, APS THROUGH AIP, USA, vol. 64, no. 24, pages 241102/1-4, XP002218846 ISSN: 0163-1829 page 241102-4, right-hand column, last paragraph ---	9, 12, 41
P, X	BURNETT J H et al: "Intrinsic Birefringence in 157nm Materials", International SEMATECH 2nd International Symposium on 157nm Lithography, Dana Point, California, 15.05.2001 XP002218849 the whole document ---	9, 12, 41
	--- -/--	

INTER

PCT/EP 02/04900

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Nicht-Vertrauliches Schreiben vom 07.05.01 "Re:Birefringence of calcium fluoride" von Chris Van Peski von International SEMATECH zu den Vertretern von Litho. PAG (Project Advisory Group) XP002218847 the whole document	1,9,12
A	US 6 201 634 B1 (SAKUMA SHIGERU ET AL) 13 March 2001 (2001-03-13) cited in the application abstract	1,9,12
A	DE 195 35 392 A (ZEISS CARL FA) 27 March 1997 (1997-03-27) cited in the application the whole document	7
P,X	EP 1 115 030 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 11 July 2001 (2001-07-11) paragraph '0009! - paragraph '0010! paragraph '0040! - paragraph '0041!; figures 2-4 paragraph '0045! - paragraph '0046!	42
X	EP 0 678 768 A (CANON KK) 25 October 1995 (1995-10-25) column 7, line 33 -column 8, line 47; figure 1 column 9, line 48 -column 11, line 20; figures 2-8 column 13, line 54 -column 14, line 10 figure 33	42
A	EP 1 014 139 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 28 June 2000 (2000-06-28) paragraphs '0005!,'0007!,'0012!	42
X	EP 0 952 490 A (CANON KK) 27 October 1999 (1999-10-27) paragraph '0056!; figure 11 paragraph '0059! - paragraph '0061!; figure 12 paragraph '0042!	42
X	EP 0 961 149 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 1 December 1999 (1999-12-01) paragraph '0030! - paragraph '0032!; figure 1	42
	-/-	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/04900

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00 31592 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 2 June 2000 (2000-06-02) page 8, line 16 - line 18; figure 1 page 10, line 18 -page 11, line 7 page 14, line 23 - line 25 page 15, line 29 - last line; figure 9 ---	42
A	US 4 993 823 A (SCHAFER JR WILLIAM E ET AL) 19 February 1991 (1991-02-19) column 3, line 57 -column 4, line 14; figure 2 ---	42
A	EP 0 480 616 A (CANON KK) 15 April 1992 (1992-04-15) column 2, line 28 - line 34 column 3, line 19 - line 43; figures 3A,3B column 7, line 57 -column 9, line 4; figures 4-7 column 10, line 14 -column 11, line 18 -----	42

EP02/04900

On the basis of the prior review under PCT Rule 40.2(e), no additional fees are to be refunded.

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, namely

1. Claims 1, 2, 4-10, 12, 13 and 41

compensation of polarization-dependent disturbance of propagation over the angles of the light rays passing through in one optical element by means of a second element; microlithographic projection lens equipped therewith; optical system with turned elements.

2. Claims 3, 11 and 42-44

compensation of a multiply rotationally symmetric disturbance.

3. Claims 14-40

optical element with apparatus to introduce force so as to alter the action influencing polarization.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/04900

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19807120	A	26-08-1999	DE 19807120 A1	26-08-1999
			EP 0937999 A1	25-08-1999
			JP 11271680 A	08-10-1999
			TW 403842 B	01-09-2000
			US 6252712 B1	26-06-2001
EP 1063684	A	27-12-2000	AU 1891200 A	24-07-2000
			EP 1063684 A1	27-12-2000
			US 2002085176 A1	04-07-2002
			US 6366404 B1	02-04-2002
			CN 1293822 T	02-05-2001
			WO 0041226 A1	13-07-2000
JP 2000331927	A	30-11-2000	NONE	
JP 11054411 7	A		NONE	
DE 19637563	A	19-03-1998	DE 19637563 A1	19-03-1998
			EP 0834753 A1	08-04-1998
			JP 10104423 A	24-04-1998
			US 6084708 A	04-07-2000
US 6201634	B1	13-03-2001	JP 11326189 A	26-11-1999
			JP 2000128696 A	09-05-2000
			EP 1271185 A2	02-01-2003
			EP 0942297 A2	15-09-1999
			US 2001024314 A1	27-09-2001
DE 19535392	A	27-03-1997	DE 19535392 A1	27-03-1997
			EP 0764858 A2	26-03-1997
			JP 9184918 A	15-07-1997
			US 2002126380 A1	12-09-2002
			US 6191880 B1	20-02-2001
			US 2001012154 A1	09-08-2001
EP 1115030	A	11-07-2001	DE 10000193 A1	26-07-2001
			EP 1115030 A2	11-07-2001
			JP 2001217189 A	10-08-2001
			US 2001008440 A1	19-07-2001
EP 0678768	A	25-10-1995	JP 3368091 B2	20-01-2003
			JP 8008178 A	12-01-1996
			EP 0678768 A2	25-10-1995
			JP 2002373857 A	26-12-2002
			KR 187348 B1	15-04-1999
			US 5805273 A	08-09-1998
EP 1014139	A	28-06-2000	DE 19859634 A1	29-06-2000
			EP 1014139 A2	28-06-2000
			JP 2000195788 A	14-07-2000
			US 6307688 B1	23-10-2001
EP 0952490	A	27-10-1999	JP 3031375 B2	10-04-2000
			JP 2000009980 A	14-01-2000
			EP 0952490 A2	27-10-1999
			US 6285512 B1	04-09-2001
			US 2001038497 A1	08-11-2001

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/04900

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0961149	A	01-12-1999	DE 19824030 A1	02-12-1999
			EP 0961149 A2	01-12-1999
			JP 2000031039 A	28-01-2000
			TW 466348 B	01-12-2001
WO 0031592	A	02-06-2000	WO 0031592 A1	02-06-2000
			EP 1160626 A1	05-12-2001
			EP 1049960 A1	08-11-2000
			JP 2002530878 T	17-09-2002
			JP 2002208561 A	26-07-2002
			US 6248486 B1	19-06-2001
			US 2001023042 A1	20-09-2001
			US 2001053489 A1	20-12-2001
US 4993823	A	19-02-1991	NONE	
EP 0480616	A	15-04-1992	JP 2694043 B2	24-12-1997
			JP 4145442 A	19-05-1992
			JP 4214613 A	05-08-1992
			DE 69127335 D1	25-09-1997
			DE 69127335 T2	15-01-1998
			EP 0480616 A2	15-04-1992
			US 5184176 A	02-02-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/04900

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G03F7/20 G02B5/30

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G03F G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 07 120 A (ZEISS CARL FA) 26. August 1999 (1999-08-26) in der Anmeldung erwähnt	9,12,41
A	Spalte 1, Zeile 65 -Spalte 2, Zeile 26; Abbildungen 1,2	1
X	EP 1 063 684 A (NIPPON KOGAKU KK) 27. Dezember 2000 (2000-12-27) Absatz '0013! - Absatz '0020! Absatz '0031! - Absatz '0033!; Abbildungen 1A-3B Absatz '0052! - Absätze '0054!, '0119!; Abbildung 5	1,2,4,5, 9,12,41

	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung einer Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Februar 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14.03.2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter:

Ciarrocca, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 14, 5. März 2001 (2001-03-05) -& JP 2000 331927 A (CANON INC), 30. November 2000 (2000-11-30) Zusammenfassung; Abbildung 7 Absatz '0050! - Absatz '0052!; Abbildung 6 ---	1,9,14, 41
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31. Mai 1999 (1999-05-31) -& JP 11 054411 A (CANON INC), 26. Februar 1999 (1999-02-26) Zusammenfassung Absatz '0039! Absatz '0065! Absatz '0074! - Absatz '0075!; Abbildung 18 ---	9,14,41, 42
X	DE 196 37 563 A (ZEISS CARL FA) 19. März 1998 (1998-03-19) Spalte 4, Zeile 39 - Zeile 46; Abbildung 1 ---	9,14
A	UNNO Y: "Distorted wave front produced by a high-resolution projection optical system having rotationally symmetric birefringence" APPLIED OPTICS, 1 NOV. 1998, OPT. SOC. AMERICA, USA, Bd. 37, Nr. 31, Seiten 7241-7247, XP002219376 ISSN: 0003-6935 das ganze Dokument ---	1
P,X	BURNETT J H ET AL: "Intrinsic birefringence in calcium fluoride and barium fluoride" PHYSICAL REVIEW B (CONDENSED MATTER AND MATERIALS PHYSICS), 15 DEC. 2001, APS THROUGH AIP, USA, Bd. 64, Nr. 24, Seiten 241102/1-4, XP002218846 ISSN: 0163-1829 Seite 241102-4, rechte Spalte, letzter Absatz ---	9,12,41
P,X	BURNETT J H et al: "Intrinsic Birefringence in 157nm Materials", International SEMATECH 2nd International Symposium on 157nm Lithography, Dana Point, California, 15.05.2001 XP002218849 das ganze Dokument ---	9,12,41

-/--

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	Nicht-Vertrauliches Schreiben vom 07.05.01 "Re:Birefringence of calcium fluoride" von Chris Van Peski von International SEMATECH zu den Vertretern von Litho. PAG (Project Advisory Group) XP002218847 das ganze Dokument	1,9,12
A	US 6 201 634 B1 (SAKUMA SHIGERU ET AL) 13. März 2001 (2001-03-13) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1,9,12
A	DE 195 35 392 A (ZEISS CARL FA) 27. März 1997 (1997-03-27) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	7
P,X	EP 1 115 030 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 11. Juli 2001 (2001-07-11) Absatz '0009! - Absatz '0010! Absatz '0040! - Absatz '0041!; Abbildungen 2-4 Absatz '0045! - Absatz '0046!	42
X	EP 0 678 768 A (CANON KK) 25. Oktober 1995 (1995-10-25) Spalte 7, Zeile 33 -Spalte 8, Zeile 47; Abbildung 1 Spalte 9, Zeile 48 -Spalte 11, Zeile 20; Abbildungen 2-8 Spalte 13, Zeile 54 -Spalte 14, Zeile 10 Abbildung 33	42
A	EP 1 014 139 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 28. Juni 2000 (2000-06-28) Absätze '0005!,'0007!,'0012!	42
X	EP 0 952 490 A (CANON KK) 27. Oktober 1999 (1999-10-27) Absatz '0056!; Abbildung 11 Absatz '0059! - Absatz '0061!; Abbildung 12 Absatz '0042!	42
X	EP 0 961 149 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 1. Dezember 1999 (1999-12-01) Absatz '0030! - Absatz '0032!; Abbildung 1	42
	--- -/--	

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 00 31592 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 2. Juni 2000 (2000-06-02) Seite 8, Zeile 16 - Zeile 18; Abbildung 1 Seite 10, Zeile 18 -Seite 11, Zeile 7 Seite 14, Zeile 23 - Zeile 25 Seite 15, Zeile 29 - letzte Zeile; Abbildung 9 -----	42
A	US 4 993 823 A (SCHAFER JR WILLIAM E ET AL) 19. Februar 1991 (1991-02-19) Spalte 3, Zeile 57 -Spalte 4, Zeile 14; Abbildung 2 -----	42
A	EP 0 480 616 A (CANON KK) 15. April 1992 (1992-04-15) Spalte 2, Zeile 28 - Zeile 34 Spalte 3, Zeile 19 - Zeile 43; Abbildungen 3A,3B Spalte 7, Zeile 57 -Spalte 9, Zeile 4; Abbildungen 4-7 Spalte 10, Zeile 14 -Spalte 11, Zeile 18 -----	42

Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgetaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

Aufgrund des Ergebnisses der vorläufigen Überprüfung
gemäß Regel 40.2(e) PCT sind keine zusätzlichen Gebühren zu erstatten.

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☒ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1,2,4-10,12,13,41

Kompensation der polarisationsabhängigen Störung der Propagation über die Winkel der durchtretenden Lichtstrahlen in einem optischen Element mittels eines zweiten Elements, damit versehenes mikrolithographisches Projektionsobjektiv, optisches System mit verdrehten Elementen.

2. Ansprüche: 3,11,42-44

Kompensation einer mehrzählig rotationssymmetrischen Störung

3. Ansprüche: 14-40

Optisches Element mit Krafteinleitungseinrichtung zur Änderung der polarisationsbeeinflussenden Wirkung

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/04900

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19807120 A	26-08-1999	DE 19807120 A1	26-08-1999
		EP 0937999 A1	25-08-1999
		JP 11271680 A	08-10-1999
		TW 403842 B	01-09-2000
		US 6252712 B1	26-06-2001
EP 1063684 A	27-12-2000	AU 1891200 A	24-07-2000
		EP 1063684 A1	27-12-2000
		US 2002085176 A1	04-07-2002
		US 6366404 B1	02-04-2002
		CN 1293822 T	02-05-2001
		WO 0041226 A1	13-07-2000
JP 2000331927 A	30-11-2000	KEINE	
JP 11054411 7 A		KEINE	
DE 19637563 A	19-03-1998	DE 19637563 A1	19-03-1998
		EP 0834753 A1	08-04-1998
		JP 10104423 A	24-04-1998
		US 6084708 A	04-07-2000
US 6201634 B1	13-03-2001	JP 11326189 A	26-11-1999
		JP 2000128696 A	09-05-2000
		EP 1271185 A2	02-01-2003
		EP 0942297 A2	15-09-1999
		US 2001024314 A1	27-09-2001
DE 19535392 A	27-03-1997	DE 19535392 A1	27-03-1997
		EP 0764858 A2	26-03-1997
		JP 9184918 A	15-07-1997
		US 2002126380 A1	12-09-2002
		US 6191880 B1	20-02-2001
		US 2001012154 A1	09-08-2001
EP 1115030 A	11-07-2001	DE 10000193 A1	26-07-2001
		EP 1115030 A2	11-07-2001
		JP 2001217189 A	10-08-2001
		US 2001008440 A1	19-07-2001
EP 0678768 A	25-10-1995	JP 3368091 B2	20-01-2003
		JP 8008178 A	12-01-1996
		EP 0678768 A2	25-10-1995
		JP 2002373857 A	26-12-2002
		KR 187348 B1	15-04-1999
		US 5805273 A	08-09-1998
EP 1014139 A	28-06-2000	DE 19859634 A1	29-06-2000
		EP 1014139 A2	28-06-2000
		JP 2000195788 A	14-07-2000
		US 6307688 B1	23-10-2001
EP 0952490 A	27-10-1999	JP 3031375 B2	10-04-2000
		JP 2000009980 A	14-01-2000
		EP 0952490 A2	27-10-1999
		US 6285512 B1	04-09-2001
		US 2001038497 A1	08-11-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/04900

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0961149 A	01-12-1999	DE 19824030 A1	02-12-1999
		EP 0961149 A2	01-12-1999
		JP 2000031039 A	28-01-2000
		TW 466348 B	01-12-2001
WO 0031592 A	02-06-2000	WO 0031592 A1	02-06-2000
		EP 1160626 A1	05-12-2001
		EP 1049960 A1	08-11-2000
		JP 2002530878 T	17-09-2002
		JP 2002208561 A	26-07-2002
		US 6248486 B1	19-06-2001
		US 2001023042 A1	20-09-2001
		US 2001053489 A1	20-12-2001
US 4993823 A	19-02-1991	KEINE	
EP 0480616 A	15-04-1992	JP 2694043 B2	24-12-1997
		JP 4145442 A	19-05-1992
		JP 4214613 A	05-08-1992
		DE 69127335 D1	25-09-1997
		DE 69127335 T2	15-01-1998
		EP 0480616 A2	15-04-1992
		US 5184176 A	02-02-1993